























كتاب

العروس البديعة

في

علم الطبيعة

تأليف

أسعد الشدودني معلم العلوم التعليمية

في المدرسة الكلية السورية

الانجليزية في

بيروت

---

طبع في بيروت سنة ١٨٧٢



## فهرس

### الباب الاول في الفلسفة والمادة

وجه

- ١ المقدمة في تحديد العلم والفلسفة  
٣ الفصل الاول في الحدود والخصائص العمومية للمادة  
٢٥ : الثاني في الثقل النوعي  
٢٦ . الثالث في مركز الثقل

### الباب الثاني في الحركة

- ٤٨ الفصل الاول في الحركة والزخم والقوة  
٥٢ الفصل الثاني في حركة الاجسام الساقطة الى الارض  
٦٤ . الثالث في تركيب الحركة وحلها  
٧٧ . الرابع في مصادمة الاجسام  
٩٠ . الخامس في قوة التبعاد عن المركز  
٩٩ . السادس في الرقاص

### الباب الثالث في الميكانيكيات

- ١٢٢ الفصل الاول في الخلل والقيان والميزان  
١٤٠ . الثاني في الدولاب والجزع  
١٤٤ . الثالث في البكرة  
١٤٨ . الرابع في السطح المائل  
١٥٢ . الخامس في البرغي  
١٥٦ . السادس في السفين

خاتمة كلام عموم في الميكانيكيات

## الباب الرابع في السائلات

الفصل الاول في الماء الراكد

. الثاني في الماء الجاري

## الباب الخامس في الهوائيات

المقدمة في ماهية الجلد وخصائصه

الفصل الاول في البارومتر

. الثاني في الجلد ومتعلقاته

. الثالث في الرياح ورطوبة الجلد

. الرابع في ضغط الهواء

. الخامس في تفريغ الهواء والالة المفرغة

. السادس في الالات الهوائية

## الباب السادس في السمعيات

المقدمة في تحديد السمعيات وفي الصوت وتولده

الفصل الاول في انتقال الاصوات

. الثاني في انعكاس الاصوات

. الثالث في الالات الموسيقية ومبادئها الفلسفية

. الرابع في السلم الموسيقي

. الخامس في عقد الاهتزاز

## الباب السابع في الكهربية

المقدمة في تاريخ معرفة الكهربية



وجه

الفصل الاول في اصطلاحات كهربائية وبعض انواع

٢٩٢

الالكترومتر

٢٩٧

الفصل الثاني في خصائص الكهرباء

٣٠٦

. الثالث في الالة الكهربائية وظواهر الكهربائية بها

٣١٢

. الرابع في الحل الكهربائي

٣١٦

. الخامس في التقنية اللدنية وخصائصها

٣٢٢

. السادس في البطارية اللدنية

٣٢٥

. السابع في بعض تجربات كهربائية

٣٢٨

. الثامن في الكهرباء الكلفانية او الفلطائية

٣٣٣

. التاسع في البطارية الكلفانية

٣٣٦

. العاشر في ملاحظات البطارية الفلطائية

٣٣٨

. الحادي عشر في الكهرباءيتين السالبة والموجبة وقطبينها

. الثاني عشر في الفرق بين كهربائية الفرق والكهربائية

٣٤٠

الكلفانية

الفصل الثالث عشر في قوات الايصال للموصلات والمفاعيل

٣٤١

الكبالية للجري الفلطائي

٣٤٤

الفصل الرابع عشر في النور الكهربائي والهزة الكهربائية

. الخامس عشر في مفاعيل الكهرباء الكبالية واليكانيكية

٣٤٨

وسرعتها

الفصل السادس عشر في اطلاق لفظ السبال على الكهرباء

٣٥٥

والبحث عن مذهبي دوفاي وفرانكلين

٣٦١

الفصل السابع عشر في كهربائية المجلد والوقاية منها

وجه

٢٦٧

الفصل الثامن عشر في الكهرباء الحيوانية

٢٧٠

• التاسع عشر في كهربائية الحرارة

### الباب الثامن في المغناطيسية

٢٧٢

المقدمة في تعريف المغناطيسية وتاريخها

٢٧٣

الفصل الاول في المغناطيسية مطلقاً

٢٨٤

• الثاني في المغناطيسية بالنظر الى الارض

٢٩١

• الثالث في التمنط الصناعي ووقاية المغناطيس

### الباب التاسع في الكهرباء المغناطيسية

المقدمة في تحديد الكهرباء المغناطيسية وتأثير المجرى الكهربائي

٢٩٧

في الالة المغناطيسية

٢٩٩

الفصل الاول في الكلفانومتر

٤٠١

• الثاني في حركة مغناطيس حول شريط موصل

٤٠٢

• الثالث في فعل المغناطيس على حلقة موصلة

٤٠٥

الرابع في التمنط مجرى كهربائي

٤٠٧

• الخامس في تفاعل مجاري كهربائية

٤٠٩

• السادس في ظهور مجاري الكهرباء بفعل المغناطيس

٤١١

• السابع في التلغراف

• الثامن في انعام الحركة الميكانيكية بواسطة المغناطيس

٤١٦

الكهربائي

### الباب العاشر في النور

٤١٩

المقدمة في النور وبعض موضوعات تتعلق به

وجه

٤٢٨

الفصل الاول في انعكاس النور

٤٥٤

. الثاني في انكسار النور

٤٨١

. الثالث في البصر وآلة التي في العين

٤٨٩

. الرابع في انحلال النور وما يتعلق به

٥٠٣

. الخامس في قوس السحاب والمالة

٥١٣

. السادس في الآلات البصرية

. السابع في تشرف النور والسطوح المخططة والصفائح

٥٣٩

الرفيقة

٥٣٤

. الفصل الثامن في الانكسار المزدوج والاستقطاب

٥٤٣

. التاسع في قولي النور

### الباب الحادي عشر في الحرارة

٥٤٩

الفصل الاول في الامتداد والثرمو متر

٥٥٨

. الثاني ابصال الحرارة وفي الحرارة النوعية

. الثالث في الحرارة الخفية والسائلة والتجديد والبخارية

٥٧٢

والغليان والتبلور ومصادر الحرارة

٥٨٧

الفصل الرابع في الآلة البخارية

## فاتحة

الحمد لله الذي بقدرته خلق ارواح العباد وجميع اصناف  
المواد . وجعل بحكمته البديعة لكل صنف منها طبيعة . والذي  
بموجودته انا رجنان الانسان ليدرك بالعلم بعض الحكمة في اعمال  
المنان . اما بعدُ فيقول العبد الفقير الى عفوره القدير اسعد  
الشدودي انّه لما كانت الفلسفة الطبيعية من اجل العلوم نفعا اذ  
بها ترى حكمة الخالق الحكيم بحسن نظام خلقه واتقان نواحيه  
الطبيعية وكمال غايات النظام وبها تترقى الصنائع وتزداد مخترعاتها  
المفيدة وكانت الكتب المؤلفة في هذا الفن في العربية قليلة جداً  
وكان المقصود من انشاء المدرسة الكلية السورية الانجيلية  
التي اُنشئت في بيروت منذ نحو ست سنوات نشر جميع العلوم  
النافعة كلّفني جناب الدكتور بلس رئيس المدرسة المذكورة اذ  
كنت اعلم فيها ان اُوّلف فيه كتاباً موافقاً لتعليم تلامذتها .

فالت هذا الكتاب مستعينا بجوله تعالى على حل عقده وفك  
مشكلاته العديدة اذ لا يخفى انه علم دقيق وقراره عميق. وقد بذلت  
الجد في التامل في موضوعاته ومعاني عباراته وطلعت مولفات  
مختلفة فيه باللغة الانكليزية مشهودا لمؤلفها بالفضل والذكاء.  
وقد عزمت منذ بداءة تاليفه على ان اوضح كل ما اقرره من الاحكام  
والقواعد بتعليق عقلي او ببرهان هندسي لعلمي ان الانسان اذا  
عرف شيئاً عيّل طبعاً الى معرفة اسبابه فقد قيل ان من عرف  
الحقائق فهو حكيم ومن عرف اسبابها فهو احكم ما لم يكن من الامور  
التي ليس في طاقة العقل البشري ادراك علته كـ بعض القوانين  
الكمربائية او مما لا يناسب ذكر برهانه لطول البرهان وصعوبته  
على تلاميذ يصرفون اربع سنوات فقط لاكتساب اكثر انواع  
العلوم مع عدم اهميته وذلك فلما يرى في الكتاب. وقد اجتهدت  
ايضاً ان اجعل عبارته واضحة قريبة المتناول موافقة أسلوب  
العربية وذوق اهلها مجنباً فيه التعقيد والتطويل الممل والتقصير  
للخل فلذلك لم التزم الترجمة حرفياً عن الانكليزية بل  
كنت اوضح بعض الامور التي لم اعثر عليها في كتب القوم التي  
حويتها واخضرت او اطيل الكلام فيها بحسب مقتضى الحال. فحاش  
جوله تعالى كتاباً مفيداً حاوياً ما كان منها من علم الطبيعة العميق



القرار. وقد قسمته الى احد عشر باباً وكل باب الى فصول  
وسميتها بالعروس البديعة في علم الطبيعة. فارجو مطالعته العلماء  
اذا لحظوا شيئاً من السهول ان ينظروا اليه بعين المعذرة اذ كان  
الكمال لله وحده وان ينبهوني من فضلهم على ما برونه من ذلك  
حتى اذا اتفنعوني به يصلح فيما ياتي وانا اسال الله تعالى ان يجعله  
وسيلة لانارة مطالعته وارشادهم الى وفور اعتبار عزته وتعظيم  
شانه تبارك وتعالى بما يطلعون عليه فيه من عجب القدرة وحكمة  
العناية الصمدانية في وضعه النواميس الطبيعية الثابتة لغايات  
ضرورية مفيدة وسبيلاً لتحسين الصنائع والاجتهاد في زيادة  
مخترعاتها للذين هم اكلة غوصالح ورفاهة كل بلاد والله حسبي  
ونعم المسئول

تنبيهان. الاول قد استعملت في هذا الكتاب مسم الزاوية بمعنى الفرق بين  
٩٠° وبينها وكما للفرق بين ١٨٠° وبينها بحسب ماها مستعملان في حساب  
المثلثات الخط. وذلك يخالف اصطلاح الهندسة المطبوعة في بيروت لان  
التم فيها بمعنى الكمال والكمال بمعنى المتم  
الثاني ان هذه العلامة ∞ تقرأ يتغير كثير وبعض الاحيان الى غير  
نهاية. واما بقية العلامات كعلامة الجمع والمساواة وغيرها فهي كما في الحساب  
والجبر

# الباب الاول

في الفلسفة والمادة وفيه مقدمة وثلاثة فصول

## المقدمة

في تحديد العلم والفلسفة

١ العلم مطلقاً هو حصول صورة الشيء في العقل والفلسفة هي معرفة النواميس التي تستولي على الكون وقيل هي معرفة الاشياء بعلمها. أما الناموس فهو الطريقة غير المتغيرة التي بها يحكم الله على الكون. ويتخذ اساساً لكل العلوم ان الاسباب المتشابهة مسبباتها متشابهة وهذه الحقيقة مبنية على اخبار عهومي. اما الكون فهو جميع المخلوقات سواء كانت مادة أم عقلاً. فعلم الفلسفة يقسم عموماً الى قسمين العلم العقلي والعلم المادي اما العقل فهو ما يفكر ويريد. فنعرف ضرورة ان فينا شيئاً غريزياً تصدر عنه حركات اجسادنا لغاية عن فكر عند الارادة وذلك ما نسميه بالروح او العقل. واما العلم العقلي فهو بحث العقل عن نفسه كالفلسفة العقلية وعن اعماله كالفلسفة الاديوية وعلم المنطق. أما المادة فهي ما يدرك

بواسطة الحواس الخمس. وبعض المواد ما يُدرك بكل الحواس  
 وآخر ما يُدرك ببعضها ومن المواد ما يُدرك بواحدة من الحواس  
 فقط. فالهواء مثلاً لا يُشم ولا يُرى ولا يُذاق ولكنه يُلمس ويُسمع  
 صوته والمخ المحمول بالهواء البحري يُشم فقط لانه ذو دقائق  
 صغيرة جداً لا تُلمس ولا تُنظر منتشرة في الهواء. واما العلم  
 المادي فهو ما يُبحث فيه عن النواميس التي تستولي على الكون  
 المادي وهو الفلسفة الطبيعية. والمادة اما آلية او منتظمة واما غير  
 آلية. اما الآلية فهي ما كان لكل جزء من اجزائها وظيفة خاصة به  
 للحياة والنمو لا يقوم جزء آخر مقامه كمادة الحيوان والنبات وخلاف  
 ذلك المادة غير الآلية او غير المنتظمة كالحجر والهواء

٢ فبحسب ذلك تُقسم الفلسفة الطبيعية الى قسمين  
 وهما علم المادة الآلية وهو فن الفسيولوجيا وعلم المادة غير الآلية  
 وهو الطبيعيات العمومية. والاول على قسمين فسيولوجيا حيوانية  
 وفسيولوجيا نباتية وهما من متعلقات علم الحيوان والنبات. ثم ان  
 المادة غير الآلية تقسم الى قسمين سموية وارضية. فعلم الطبيعيات  
 العمومية يقسم بحسب ذلك الى قسمين ما يبحث عن الاجرام  
 السموية منها الارض برمتها ويقال له علم الهيئة او علم الفلك وما  
 يبحث عن الاجسام الارضية ويقال له علم الطبيعيات الارضية

ثم ان الطبيعيات الارضية تقسم الى قسمين ايضا الاول ما يبحث عن خصائص المواد العمومية ويقال له الطبيعيات المحضة او الطبيعيات والثاني ما يبحث عن دقائق الاجسام من حيث حلها وتركيبها وعن طبائع العناصر المركبة منها تلك الدقائق ويقال له علم الكيمياء. اما الاول وهو علم الطبيعيات فهو موضوع البحث في هذا الكتاب

وعدا عن الانواع المذكورة التي تسمى علومًا محضة انواع آخر من العلوم جارية على اثنين او اكثر منها. من ذلك علم الجيولوجيا وهو تاريخ الكتل المعدنية التي منها تركبت الارض وبقايا المواد الالية الموجودة في تلك الكتل. ففي البحث عن هذا العلم يحتاج الى معرفة الكيمياء والفسولوجيا وغيرها وهذه يقال لها علوم ممتزجة

## الفصل الاول

في الحدود والخصائص العمومية للمادة

٢ ان المادة وقد مرتعريفها تقسم الى قسمين جامدة وسائلة. اما الجامدة فهي التي تلتصق دقائقها بقوة تحفظ هيئتها على حالها ما لم تعثرها قوة اخري فوق ثقلها. فاذا وضعنا قطعة حديد او

خشب على سطح لا تتغير هيئتها بواسطة ثقلها .  
 اما السائلة فهي ما تلتصق دقائقها التصاقاً ضعيفاً بقوة لا  
 تمنع ثقل دقائقها عن تغيير هيئتها . فيقدار من الماء مثلاً مصبوب  
 على سطح يفتersh على وجه ذلك السطح بسبب ثقله . ويدخل في  
 هذا الحد الماء والزيت والزبق وغيرها والمادة الهوائية كالبخار  
 والهواء وانواع الغازات كالهيدروجين وغيره .

تنبيه . لا يدخل في هذا الحد ما يهرك بسهولة حركة شبيهة بحركة  
 السائل كالرمل وما اشبه لانه اذا اخذنا كل ذرة منه على حدة نجد  
 خصائصها موافقة لخصائص الصخور والمجاذبية الالتصاقية فيها تحفظ هيئتها  
 بخلاف المادة السائلة

٤ اما المادة الهوائية فهي ما تلتصق دقائقها التصاقاً ضعيفاً  
 جداً واذا انضغطت تميل الى الانتفاش حتى ان مقداراً قليلاً  
 من الغاز له ميل للانتساع الى ان يملأ فسيحة واسعة ويحفظ في  
 سعته بواسطة الكبس بثقل الهواء الاعلى كما يتضح ذلك فيما ياتي  
 ويتبين ذلك من انه اذا اخذنا كيساً ضابطاً للهواء وسددناه بحنفية  
 سداً محكمًا بحيث يبقى فيه قليل من الهواء ووضعناه في قايلة واخرجنا  
 الهواء من القايلة بالمفرغة نرى الكيس يتنفخ كالزرق المنفوخ من انساع الهواء  
 داخله وقد تكون احياناً مادة واحدة على كلاً من هذه الثلاث الحالات  
 كالجليد والماء والبخار واما تغييرها فمحدث عن اختلاف درجة الحرارة  
 كما سياتي



٥ لكل مادة سواء كانت جامدة ام سائلة ام غازية خصائص لازمة لا تنفك عنها وهي الامتداد وعدم التداخل والاستمرار والتجزؤ والمسامية والكثافة والانضغاط والتهدد والمرونة والجمادية

٦ اما الامتداد فهو الطول والعرض والعمق . فلا تندر ان تتصور مادة ما بدون تصور هذه الابعاد الثلاثة : فيلزم من ذلك ان كل جسم يشغل حيزاً من الفراغ وان له هيئة ما . ومعنى الحيز الفسحة التي يملأها الجسم

٧ اما عدم التداخل فهو عدم امكان اشغال جسمين معاً حيزاً واحداً في وقت واحد

فبحسب المتعارف يقال ان جسمًا قد اخترق اخر او تداخل فيه كما اذا اخترقت الابرة القاش والمسامر الخشب وهلم جرا . ولكن الصواب ان الابرة لم تنفذ في القاش بل قد اتخذت حيزاً من الخلاء بتبعيدها خيطانة عن بعضها ودخولها بينها وكذلك يقال في المسامر والخشب فلا تشغل الابرة والقاش حيزاً واحداً في وقت واحد ولا المسامر والخشب . فلا يمكن دققة من المادة ان تتداخل في اخرى بل انما يمكنها ان تدفعها من مكانها وتلاها . وهذه الخاصة صفة لازمة للمادة توضح بجملة طرق نذكر بعضها . فاذا اخذنا قنبلة من زجاج مفتوحة من جهة واحدة ومسدودة من الجهة الاخرى وغطينا الطرف المفتوح من القنبلة في الماء فالماء لا يصعد في القنبلة لكونها ملاءة هواء وعدم صعود الماء في القنبلة بيان جلياً من وضع قطعة قرطاس على وجه الماء ولكن اذا فتحنا القنبلة المسدودة من القنبلة يصعد الماء فيها حالاً

وعلى هذا الاسلوب قد اصطنع ناقوس الفواصين وهو ناقوس كبير من خشب او معدن له نوافذ مسدودة بزجاج لدخول الضوء ولاجل حفظ حياة من كان داخله يُدخَل اليه بواسطة طلباء هواة جديدٌ ويخرج العتيق فينزل به النعلة الى عنق البحر لاجل التفتيش على الاشياء الثمينة وانما بعض المصالح كالبناء وغيره

٨ واما الاستمرار فهو بقاء الجسم على حالته من السكون او الحركة في جهة واحدة على خط مستقيم بسرعة واحدة. فاذا كان جسمٌ ساكناً فلا قوة له ان يحرك نفسه او اذا كان متحركاً فلا قوة له ان يغير معدل حركته او الجهة المتحرك فيها. اذا ان كان جسمٌ ساكناً يستمر ساكناً الى الابد او متحركاً فانه يتحرك دائماً في خط مستقيم بسرعه الاولى حتى تفعل به قوة ما خارجة فتغير حال سكونه او حركته

ان سبب عدم دوام الاجسام متحركة في خطوطٍ مستقيمة اذا تحركت هو انه تفعل بها دائماً قواتٌ تغير حالة حركتها. فاذا رُمي حجرٌ مثلاً على جهة افقية من اليد ففضلاً عن مقاومة الهواء له يميل دائماً الى اسفل بمجاذبية الارض ويسير في خط منحنٍ حتى يصل اخيراً الى الارض. واذا رُمي الى فوق يصير اخيراً الى السكون بمقاومة الهواء والمجاذبية له وعند ذلك يرجع بالمجاذبية. ولولا المجاذبية ومقاومة الهواء لاستمر سارياً على حركته الى الابد ولما عاد الى الارض مطلقاً. وقد نوضح عدة امور مألوفة بمبدأ الاستمرار. فاذا كانت عربة متحركة مثلاً ووقفت بغتة فالمواد غير المرتبطة فيها ترمي الى قدام وذلك لانها تميل الى البقاء على الحركة التي كانت عليها. كذلك اذا كان رجل راکضاً وعثرت رجلاً بحجر فاستمرار الجزء الاعلى من جسده

يميل به الى قدام فيقع الى الارض . ولنفس هذا السبب اذا وثب انسان من كاره متحركة يكون في خطر السقوط الى جهة مسير تلك الكاره . ثم ان استمرار الشاكوش هو الذي يجعله ان يغلب على مقاومة الخشب المسار الخارجى فيه . وفي دهورة الجسور الفعل الاعظم لزيادة قوة الاستمرار بالمجازية حال كونها منهوية نزولاً

واذا وضعنا طابة من عاج على كرتونة ملساء موضوعة على راس خشبة يمكن ان ندفع الكرتونة من تحتها بضربة سريعة بدون تحريك الطابة لسبب استمرارها على حالة السكون . ومثل ذلك ترجيع الفران الراحة من تحت الرغبة بسرعة عند وضعه في الفرن فيستقر في مكانه وادخاله اياها تحت بسرعة لكي لا يزول عند اخراجه اياه . واذا حرّك وعاء اسطوانى محتويًا زيتًا او سائلًا اخر فالزيت يستمر متحركًا بعد وقوف الوعاء

واذا اراد رجل ان يقب من مكان بقوة الى ابعد ما يمكن يركض من بعيد لكي يكتسب عند وصوله الى المكان قوة من الاستمرار فوق قوته

٩ اما التجزؤ فهو الخاصة التي بواسطتها يمكن ان ينقسم الجسم الى اقسام وكل الاجسام تقبل انقسامًا على انقسام وفي احوال كثيرة الاجزاء التي تحصل هي على غاية الدقة حتى لا تكاد تدرك بالوهم الامثلة الاتية ترينا السفر الكلي لدقائق المادة . فان قمحة واحدة من القرمز تلون لونًا يشعر به رطلًا من الماء وهذا الرطل من الماء يقسم الى مليون من النقط واذا افترضنا ان كل نقطة تحتويه بالاقل عشر دقائق من القرمز فتكون القمحة من القرمز قد انقسمت الى عشرة ملايين من الدقائق كل واحدة منها ظاهرة للعيان . ثم ان المكروسكوب يظهر لنا في بعض انواع الخضرة حيوانات صغيرة جدًا بحيث هذة مئات منها يمكنها ان تسمع في النقطة من الماء التي تستقر على راس ابرة . وهذه الحيوانات

الصغيرة فيها قوة للحركة حتى يفترس بعضها بعضاً ولذلك لما اعضاء  
للحركة والهضم وما اشبه فلا بد ان تكون الدقائق المركبة منها تلك  
الاعضاء دقيقة جداً

ان قحمة من المسك تنشر رائحتها الناتجة من انتشار دقائقها  
في الهواء في اوضة مدة سنين مع كون نقصانها في الوزن قلما يشعر به .  
فهذا يرينا ان دقائق المسك المتضوعة دائماً للشم هي ذات صغر  
لا يشعر به

ان دمر الحيوانات مركب من ذرات دقيقة حمراء عائمة في سائل  
كالصل . ونقطة واحدة من دمر الانسان ليست اعظم من طبعة دبوس  
صغير تحوي على الاقل خمسين الفاً منها . وفي حيوانات كثيرة هذه  
الذرات اصغر من ذلك . ففي غزال المسك مثلاً نقطة واحدة من الدم  
بمقدار طبعة الدبوس تحوي على الاقل مليوناً منها

ايضاً يمكن ان يطلى شريط من الفضة مسحوب دقيقاً بمقدار من  
الذهب حتي ان الذهب الكاسي قدماً من هذا الشريط يزن اقل من  
 $\frac{1}{72000}$  من قحمة . وقيراط محوي على  $\frac{1}{72000}$  من قحمة يمكن ان تنقسم الى مئة  
قسم متساوية بائنة واصحاً للبيان وكل قسم محوي بالنتيجة على  $\frac{1}{7200000}$  من  
قحمة ذهب . ثم بالمكرسكوب المعظم خمس مئة مرة كل من هذه النقطع  
الدقيقة يمكن ان يقسم ايضاً الى خمس مئة قسم اصغر لكل منها نفس الحجم  
الاول الظاهر للبيان والذهب على كل مع كون لامعته الاصلية ولونه  
وخصائصه الكيميائية لم تتغير يدل على  $\frac{1}{720000000}$  من الكمية الاصلية .  
ولكن دقة هذه الدقائق الصغيرة جداً كما بينا تفوقها دقة الحيوانات  
الصغيرة الموجودة في الكائنات الارضية . وقد بين ذلك العلامة  
البروسياتي هرنبرج . فقد اوضح ان انواعاً كثيرة من هذه الحيوانات  
ملايين منها لا تساوي حبة رمل مقداراً والوف تسبح في ثقب الابرّة ومياه

الدنيا ملائنة منها وكذلك مقدار عظيم منها موجود في الهواء .  
ثم ان هياكل اجسام هذه الحيوانات قد يتالف منها مقدار عظيم من  
صنائع صخرية سمكها عدة اقدام وتنتد الى مئات من الاميال . فاللوح الحجري  
الاملس الموجود في يثلن من مدن بروسيا مثلاً يحتوي في قيراط مكعب منه  
٤١٠٠٠ مليون منها . ثم اذا كان قيراط مكعب من هذا الحجر يتضمن  
٢٢٠ قحمة فلا بد ان يكون في كل قحمة ١٨٧ مليون هيكل . وهذه  
الحيوانات لها اعضاء المضم والتوليد جهاز دوري كالحوانات الكبيرة .  
وهذه الاعضاء مركبة من عناصر لا تحصى من الاوكسين والابدروجين  
وخلافاها

ايضاً قحمة من النحاس الاحمر مذوبة في الحامض النيتريك مضاف  
اليه قليل من ماء الامونيا تلون ٢٩٢ قيراطاً مكعباً من الماء . وكل  
قيراط من الماء يمكن ان ينقسم الى مليون قسم وكل من هذه الاقسام واضح  
للعيان . فاذن قحمة من النحاس قد تنقسم الى ٢٩٢ مليون قسم  
ان مئة قيراط مكعب من الماء مذوب فيها قليل من ملح الطعام تتعكر  
ان وضعنا فيها ..... من قيراط مكعب من الفضة المذوبة في  
حامض النيتريك . فان كل دقيقة من الفضة تكون ..... من  
قيراط مكعب

ولكي نعين التليذ على ادراك كمية ..... نقول انه  
اذا عدّ في كل ثانية واحداً واشتغل بهاراً ولبلاً بلزماً واحد وثلاثين ألف  
وسمائة وثمانية وسبعين سنة لكي يكمل عدّ هذا العدد

١٠ اما المساوية فهي وجود الابعاد والاخلية الكائنة بين  
دقائق كل مادة . وهذه الخاصة لازمة للمواد كباقي الخواص  
لانه ما كان الجسم صلباً وكثيفاً فلا بد ان تكون دقائقه مبتعدة

بعضها عن بعضها وان يكن ذلك البعد غير محسوس في بعض  
الاجسام الصلبة . وتلك الاخلية بين الدقائق تسمى مسام . فالمسام  
منها محسوسة وهي ما يمكن ان تجناز السائلات فيها ومنها غير محسوسة  
وهي التي لا تدخلها سوى الكهرباء والحرارة والنور .

تبين مسامية الخشب والجلد بهذا الامتحان وهي اذا اخذنا قابلة من  
زجاج ذات فوهة صغيرة من اعلاها ووضعناها على مفرغة الهواء ووضعنا  
مقداراً من الزبيق على رقعة من الجلد ضابطة على فوهة القابلة واستخرجنا  
الهواء من القابلة بواسطة المفرغة فالزبيق يخرق الجلد . وكذلك اذا  
سددنا الفوهة بقطعة خشب مجوفة قليلاً من اعلاها لوضع الزبيق ووضعنا  
قليلاً منه فيها واستخرجنا الهواء يخرق الزبيق الخشب

١١ وبواسطة المسام يحصل التنفيس الجلدي والعرق . وقد شوهد  
بالنظارة المعظمة في خط طول قبراط على البشرة اكثر من الف من هذه  
المسام فيكون في طول القدم اكثر من اثني عشر الفاً في القدم المربع  
نحو ١٤٤٠٠٠٠٠٠ ومن حيث ان مساحة الجسم البشري المتوسط هي ١٤  
قدماً مربعاً تكون المسام الموجودة في الجسم نحو ٢٠١٦٠٠٠٠٠

١٢ كذلك اذا وضعنا بيضة في كاس ماء وعرض الكاس لفعل  
مفرغة الهواء بوضع ضمن قابلة من زجاج على صحن المفرغة فعند تفريغ الهواء  
يشاهد صعود فقائيع الهواء الخارجة من مسام القشرة نافذة في الماء وهنا  
الهواء يكون قد دخل قبلاً الى البيضة من خارج ماراً بمسام قشرتها وهو  
سبب اسراع فسادها . ودليلاً انه لو طليت بصمغ او مادة اخرى لرجة  
لكي تسد مسامها وجف عليها الطلا لمكثت على جودتها زماناً طويلاً  
بل عدة سنين

١٣ قد بين بعض الطبيعيين من فلورنسا ان الذهب مسامي

ايضاً بالطريقة الاتية وهي انه ملاكرة من ذهب مجوفة ضابطة ضبطاً تاماً ماء ثم ضغطها ضغطاً شديداً فشوه الماء مترشحاً على سطحها بصورة ندى. وقد كرر هذا الامتحان بمعادن آخر فظهرت هذه النتيجة عينها

ايضاً بسبب انساع مسامية الخشب انواع كثيرة منه تمتص الرطوبة من الهواء بواسطة الجاذبية الشعرية التي سنوضحها فتتفشف ثم تنشف وتنشف فلماذا هذا المحذور تدهن الاخشاب بالزيت والمواد القلونية لكي تمنع دخول الرطوبة اليها بواسطة سد مسامها

١٤ ثم بواسطة مسامية الخشب والجاذبية الشعرية قد اخترعت طريقة لتشقيق الصخور يستعملها القطاعون لهذه الغاية. وهي انه بعد حفر ثقب في الصخر بالخل او فلع بالدبورة يدق فيه الخشب لينزل نزولاً محكماً ويصب عليه ماء او يترك لينزل عليه ماء المطر ويبقى برهة فتدخل الرطوبة الى مسامه ويتفشف فيشق الصخر

١٥ وقد اثبت بعض الطبيعيين مسامية السوائل بهذا الامتحان. فلو أخذت زجاجة طويلة العنق ضيقته وملتئتها بالحامض الكبريتيك ثم ثلثها ماء ورُجّت صعدت فيها درجة الحرارة وبعد برودتها يشغل حجم السائلين المختلطين حيزاً اقل من الذي اشغلاه قبل الامتزاج كما يعرف من هبوط السائل في عنق القنبية ولكن اقوى آلات الضغط لا تصغر حجم السائلات الا قليلاً جداً كما سيأتي

١٦ اما الكثافة فهي عكس المسامية وهي اقتراب دقائق الاجسام بعضها الى بعض. ومقدار الكثافة هو بالنسبة الى مقدار المادة في حيز مفروض فكما زادت كثافة جسم زاد ثقله فقطعة من الرصاص مثلاً ثقلها نحو سبع واربعين مرة ثقل قطعة فلين من

نفس حجمها ومقدار من الزئبق ثقله نحو اربع عشرة مرة ثقل مقدار من الماء من نفس حجمه فتكون كثافة الزئبق نحو اربع عشرة مرة كثافة الماء وهلم جرا

١٧ اما الانضغاط فهو كون دقائق الاجسام قابلة التقريب بعضها الى بعضها بواسطة الكبس وغيره. فاذا ضغط جسم تقترب دقائقه بعضها الى بعضها وبالنتيجة تضيق الفسحات او الاخلية الكائنة بينها فتضيق المسامية. وبهذه الخاصة تثبت المسامية لانه لولا وجودها لما امكن ضغط جسم. فالاسفنج والصنع الهندي والفلين ولب السيسبان هي من الاجسام المنضغطة ويمكن ان يصغر حجمها بما يشعر به بواسطة كبس الاصابع. واما السوائل فهي قليلة الانضغاط كما اشرنا. واما الغازات فهي اعظم الاجسام انضغاطا وسياتي بسط الكلام عن ذلك عند الشرح عن السوائل والغازات

١٨ اما التمدد فهو خاصية قبول اتخاذ الجسم حجما اعظم تحت ظروف معلومة فهو عكس الانضغاط فاذا تمدد جسم اتسعت مساميته حال كونها تضيق بالانضغاط. والحرارة هي اعظم واسطة لتمدد الاجسام فبواسطة تحول السوائل الى غازات والجوامد الى سوائل. ولو كانت حرارة كافية لتحولت جميع الجوامد والسوائل الى غازات. فاذا ازدادت حرارة جسم يمتد



وإذا نقصت ينضغط فيتنقلص

وعلى هذه الخاصة نتم أمور كثيرة مفيدة منها ما عمل في فرنسا وهم انهم لها تجدب بناء عظيم ذو طبقات من اسفل فموضاً عن ان يهدموه ثقبوه على الجانبين اثقاباً متقابلة وادخلوا في الاثقاب قضباناً من حديد تمر من جدار الى جدار ثم احموها وعند ذلك مكنوها بالمجدران تمكيناً محكماً قوياً ثم تركوها لتبرد فتقلصت ورجعت المجدران الى استقامتها الاولى

١٩ كذلك تركيب طارة من حديد على عجلة ما يوضح هذه الخاصة فتصنع الطارة اصغر قليلاً من العجلة ولكن بواسطة الاحماء تهدد حتي تدخل فيها وبعد ان تبرد تنقلص وتضغط ايضاً وتجذب كل اجزاء العجلة معاً فتضبط بعضها على بعض

٢٠ واعلم ان الحرارة في جسم زيادتها بالنسبة الى تمدده ونقصانها بالنسبة الى ضغطه اي كلما تمدد قيل زيادة حرارة وكلما ضغطت نمت من حرارته . وبذلك يعمل عن احماء الكلس اذا مزج بالماء والحمض الكبريتيك اذا مزج بالماء ايضاً وعن عدم صعود حرارة الماء فوق درجة الغليان مع وجوب ذلك لبقاء الحرارة على حالها تحت وعاء الماء . وتعليل هذا الامر الاخير هو ان الماء عند وصوله الى درجة الغليان ياخذ بالتحوّل الى بخار ولكون البخار اللطيف من الماء يمتص الحرارة التي تتزايد وهكذا الى ان يحف الماء ما لم ينحصر في وعاء ضابط فيجثثد تزيد درجة حرارته عن الغليان

٢١ اما المرونة فهي خاصة بها تعود الاجسام الى صورتها وحجمها الاصليين بعد ضغطها او تمددها . وجميع الاجسام مرنة وانما تتفاوت في درجة مرونتها فالصنع الهندي والعاج

وعظام الحيتان من الاجسام المرونة واما اللاقونة  
والدلفان فمن الاقل مرونة. واعظم الاجسام مرونة أسرعها  
عوداً الى حالتها الاولى

اذا ضغط الهواء فهو مرونة تميل ان ترده الى حجمه الاصلي. واذا لوي  
زنبرك من فولاذ فهو مرونة تجذب الزنجير الذي يجذب الدواليب في الساعة  
فتحصل فيها الحركة. ثم اذا قُتل خيطٌ او حبل فهو مرونة تميل الى حله.  
واذا مطَّ الصمغ الهندي فهو مرونة ترجعه الى طوله الاصلي. فنرى ان  
المرونة تظهر باربعة طرق مختلفة وهي الضغط والتي والقتل والمط. وعلى كل  
حال المرونة مسببة عن تغيير وضع الجواهر الاصلي لانه اذا ضغط الهواء  
فبقوة التدافع بين جواهره يميل الى التمدد. واذا لوي زنبرك فالجواهر  
في الجهة الخارجة تتمدّد اذ تكون الداخلة قد انضغطت فيجذب الاولى  
وتدافع الثانية يميل الجسم الى العود الى صورته الاصلية. ويعمل عن القتل  
كما يعمل عن التي. واما المط فهو عكس الضغط اي انه بالجذب الناتج  
عن خاصية المرونة يميل الجسم الى الرجوع الى حالته اذا مطَّ. والاجسام  
الاعظم مرونة في الغازات ثم الفولاذ اللين ثم عظام الحيتان ثم الصمغ الهندي  
ثم العاج ثم الزجاج الخ

اما مرونة العاج فتتضع من انه اذا لويت قطعة رقيقة منه ثم تركت  
لنفسها ترجع بالمرونة بسرعة عظيمة فتحجاز مكانها الاصلي ثم ترجع  
بسرعة وتجتازة اقل. وهكذا ترجع ارتجاجات كثيرة قبل ان تسكن. وكذلك  
اذا اخذ كرة صغيرة منه واسقطت من اعالي مختلفة على صفيحة رخام صقلا  
يفرش عليها زيت ليظهر عليها اثر مصادمة الكرة لها فانها تنفخ تاركة اثار  
دوائر على الصفيحة مساحة كل منها بالنسبة الى العلو الذي سقطت منه.  
وهكذا اذا ضربت الكرة باليد من علو واحد بقوات مختلفة على الصفيحة.

فهذا الامتحان يري ان الكرة قد تسطحت بزخم صدمتها اذ سقطت على الصفيحة لانه كلما زاد الزخم بزيادة العلو الذي سقطت منه او بزيادة القوة من اليد اتسعت دائرة الاثر

ان المرونة في المواد نافعة لجملة امور منها تحريك الساعة وآلات آخر بواسطة مرونة زنبركات الفولاذ كما مر . ومنها امكان رمي السهام الى بعد شاسع بواسطة مرونة القوس والوتار او الخيطان والمرس . كذلك مرونة الوتار هي التي تجعلها صالحة للآلات الموسيقية . ومرونة الهواء تجعله موافقاً لاصطناع فرش ووسادات هوائية ومرونته ايضاً تجعله مناسباً لنقل الاصوات ٢٢ واعلم ان المرونة في الاجسام قد تكسب زيادتها بواسطة الصناعة . فان النحاس اذا طُرِّق عليه وهو بارد يكتسب مرونة أكثر مما اذا كان حامياً . وكذلك اذا سقي الفولاذ بواسطة احماضه وتبريده في سائل بسرعة وهو حامٍ تزيد مرونته جداً فيصير سهل النصف بخلاف ما اذا ترك ليبرد تدريجاً بدون واسطة فان مرونته حيثئذ تنقص جداً . وكذلك تنقص المرونة بواسطة توالي ضرب صفيحة منه بقوة عظيمة على سطح مستوي كسطح خشب او ماء بكل عرضها فان اهل السويس عند امتحان سيوف العساكر يحربونها بانهم يضربون نصالها مرات متوالية على الماء ثم يتأملون في مرونتها فيما وجدوه فقد المرونة أكثر مما ينبغي طرحه . وما يقلل المرونة بزيادة الحرارة . وما له مدخل في مرونة الاجسام اشكالها فان الطارة من مادة معدنية أكثر مرونة من القرص والكرة المخوفة أكثر مرونة من المصمتة . ثم ان الاجسام الكثيرة المرونة الرقيقة لا تعود دفعة الى اشكالها الاولى بسرعة بل بعد ارتجاجات كثيرة كما يري في شعبي ملفظ اذا قُرِبَ بنا الواحدة الى الاخرى وتركنا دفعة واحدة وهلم جرا

٢٣ اما الجاذبية فهي تلك القوة التي بها تقرب المواد

بعضها الى بعض . ومن مراقبات الاجسام الارضية والاجرام  
السموية يظهر ان الخالق قد جعلها ناموساً عموماً لكل الكون  
المادي . ولذا تسمى بالجاذبية العامة فاذا وُضعت اجسام خفيفة  
لكي تطفو على وجه الماء قُرِبَت بعضها الى بعض ترى بعضها يجذب  
البعض بقوة يشعربها . ومثل ذلك الفقاع التي تطفو على وجه  
الماء وكذلك اذا قُرِبَ مركب الى اخر يخشى ان يجاذبا فينتلاطا .  
واذا علقت رصاصة على جانب جبل يَرى واضحا ميلها عن الخط  
العمودي على سطح الارض الى جهة الجبل . ولا ثبات الجاذبية  
العامة براهين وامثلة كثيرة غير هذه لا يسعنا تعدادها . اما  
البحث عنها بالنظر الى الاجرام السموية فمن متعلقات علم الهيئة  
٢٤ وهي بحسب اختلاف ظروفها تقسم الى خمسة اقسام  
جاذبية الالتصاق والجاذبية الشعرية والجاذبية الكيمائية والجاذبية  
المغناطيسية والكهربائية وجاذبية الثقل

اما جاذبية الالتصاق فهي تلك القوة التي بها تتحد جواهر  
المواد بعضها مع بعض على بعد غير محسوس سواء كانت تلك  
الجواهر من جنس واحد من المادّة ام من اجناس مختلفة . وسواء  
كانت تلك القوة شديدة كالتي في الجوامد ام ضعيفة كالتي في  
السوائل

فالقوة التي بها تتحد جواهر كتلة من حديد او من خشب او من حجر معاً في جاذبية الالتصاق ويقال ان الجواهر ملتصقة ببعضها ببعض . وبجاذبية الالتصاق ايضاً يلصق القبار المتطاير في الهواء بالحيطان والسقوف . وبها ايضاً اذا كتبنا على لوح من حجر او خشب بقلم من حجر او طباشير تلتصق المادة الخارجة من قلم الحجر او الطباشير بواسطة الاحتكاك باللوح تاركة اثر كتابته بحسب ما تحركها اليد . وبها ايضاً ينفذ لوحان من خشب معاً بواسطة الغراء لوجود الجاذبية الالتصاقية بين جواهر الغراء والخشب ٢٥

واعلم انه من خواص الجاذبية الالتصاقية انها تجمع الجواهر بعضها الى بعض بصورة كرة وذلك يتأتى في السوائل دون الجوامد لكون جواهر السوائل يتحرك بعضها على بعض بسهولة لضعف الجاذبية الالتصاقية فيها والاجزاء البعدى من مجموع مادة تجذب من القربى الى نحو مركز الثقل حتى تصير على بعد واحد منه منتظمة كرة . ولذلك يجمع الندى ويتزل المطر بصور نقط مستديرة ويسقط الرصاص المذوب كذلك خردقات مستديرة اذا صب من غربال يجعل وضعه على علو نحو مئتي قدم عن الارض ليكون فرصة لتجمع الجواهر في الهواء قبل تجملدها بالبرودة كما يصنع المخدق . واما الجوامد فان جاذبية الالتصاق فيها قوية جداً حتى لا يمكن تحريكها وجمعها على صور مستديرة بل تاخذ الصورة التي اتفق انها وضعت عليها ٢٦

اما الجاذبية الشعرية فهي تلك القوة التي بها يمتص جسم جامد ذو مسام سائلاً يلامسه كالجاذبية الشعرية في الاسفنج والسكر والخشب والحجر وقوة الجاذبية الشعرية في كل تكون بحسب مسامه . وسميت بالشعرية لكونها ظهرت اولاً في انايب قضبان زجاج تشبه الشعر دقة وسياتي بسط الكلام على ذلك في

## السائلات

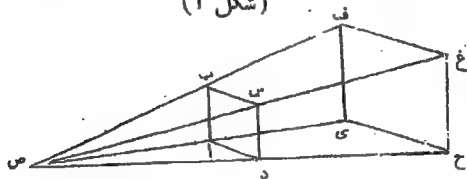
٢٧ اما الجاذبية الكيمياوية فهي القوة التي بها تتحد جواهر عنصر مع جواهر عنصر آخر فينتج جسمًا ثالثًا مختلف الصفات عن الاولين كما اذا اتحد الحامض النيتريك مع النحاس الاحمر فإنتاج من اتحادهما ملح أزرق اللون يسمى نترات النحاس والبحث عن هذه الجاذبية من متعلقات الكيميا

٢٨ اما الجاذبية المغناطيسية فهي القوة التي بها تقرب قطعة من حديد ممغنطة قطعة أخرى من حديد. والجاذبية الكهربائية هي القوة التي بها تقرب اجسام مكمربة اجسامًا آخر وقد جعلناها قسماً واحداً لعظم مشابهنها وسيأتي الكلام عن كلٍ منها وعن تمغنط الحديد وتكهرب الاجسام بالتفصيل عند البحث عن الكهرباء

٢٩ اما جاذبية الثقل فهي القوة التي بها تجذب الارض الاجسام الكائنة عليها الى نحو مركزها وذلك ليس لانه موجود في المركز قوة خصوصية ولكن ليكون الارض كرة من شأنها ان تجذب الى نحو مركزها اذ لجميع اجزائها فاعلية الجاذبية. وبحسب العرف يعبر عن هذه الجاذبية بلفظ الثقل فقط

٣٠ يقاس ثقل جسم بفعله الميكانيكي مثل في زئبرك وترجيح ميزان او قبان ويعرف ذلك بالعيارات وبالدرجات . ويقاس ايضاً ثقل اجسام ذات كثافة واحدة واشكال منتظمة باخذ مساحتها فاذا اخذنا وزن قيراط واحد مكعب من الرصاص ثم استعملنا مساحة صفيحة رصاص بضرب طولها في عرضها في عمقها من القرايط وضربنا تلك المساحة في وزن القيراط يحصل من ذلك ثقلها

٣١ ان جاذبية الثقل للجسم على ابعاد مختلفة من الارض فوق سطحها يتغير بالقلب كهرج البعد من مركزها وذلك لان الجاذبية في الارض تفعل الى نحو المركز وتوجهها تفعل على خطوط مستقيمة فان فرض ص مركز الارض كما في (شكل ١)



وا ب س د جسماً تفعل عليه الجاذبية بخطوط مستقيمة فهو قاعدة الهرم ص ب س د ا . وان فرض ان الهرم امتد الى ف غ ح ي ولنفرض ف غ ح ي جسماً موازياً ب د ومثله عمقاً بقوة الجاذبية التي جذبت الجسم ب د نفثها توزعت على دقائق بالسوية وعلى دقائق ف ح كذلك ولان العمق واحد تقاس قوة الجاذبية على السطوح . فاذا تنقص كثافتها او قوتها عند النقطة ف عمماً عند ب كازداد ف ج على ب د اي ان قوة الجاذبية عند ب : قوة الجاذبية عند ف :: ف ح : ب د . ولكن فح : ب د :: ي ف :: ا ب :: ص ف :: ص ب لان الشكلين متشابهان وينقطعان

خطوطاً متناسبة فاذاً قوة الجاذبية عند ب : قوة الجاذبية عند ف :  
ص ف : ص ب

اي ان قوتي الجاذبية عند ب وف هما بالقلب كبريى البعدين عن  
المركز

٢٢ فيبان من ذلك ان ثقل جسم يتغير على أبعاد مختلفة فوق  
سطح الأرض . فعلى مضاعف البعد من المركز او على علو نحو ٤٠٠٠ ميل  
فوق الأرض قوة الجاذبية هي ربع التي على سطحها وجسم مفروض هناك  
بزن ربع ما بزن على الأرض . والقدر اذ كان بعده من مركز الأرض  
٦٠ ضعف بعد المواد على سطحها من المركز فجاذبية الأرض له اقل منها  
للمواد على سطحها ٢٦٠٠ ضعف . ولكن الأبعاد المختلفة لاجسام على الأرض  
اختلافها لا يجعل فرقاً يُشعر به في الوزن . فعند علو نصف ميل النقصان  
لا يبلغ الى أكثر من نحو  $\frac{1}{400}$  من الثقل عند السطح . لانه ان فرض ر -  
نصف قطر الأرض - ٤٠٠٠ ميل تقريباً و ك علو الجسم و ث ثقله عند  
سطح الأرض و ث ثقله عند علو ك فلنا

$$\text{ث : ث} :: (\text{ر} + \text{ك}) : \text{ر} :: \text{ر} : \text{ر} + \text{ك} :: \text{ر}^2 : (\text{ر} + \text{ك})^2$$

$$\text{و ث : ث} - \text{ث} :: \text{ر}^2 : (\text{ر} + \text{ك})^2 :: \text{ر}^2 : \text{ر}^2 + ٢\text{ر} \times \text{ك} + \text{ك}^2$$

اي ث - ث - ث -  $\frac{\text{ث} \times \text{ك}}{\text{ر}^2 + ٢\text{ر} \times \text{ك} + \text{ك}^2}$  ولكن اذ كان ك جزءاً صغيراً من ر

فيمكن اھال ك من العبارة اذاً

$$\text{ث} - \text{ث} - \frac{\text{ث} \times ٢\text{ك}}{\text{ر}^2}$$

ليكن ك نصف ميل فاذاً  $\frac{١ \times \text{ث}}{١ + ٤٠٠٠} - \frac{١}{٤٠٠١}$  من كل الثقل . او

ان الجسم يقل وزنه عند علو نصف ميل عما على سطح الأرض بنحو  
 $\frac{١}{٤٠٠١}$  منه

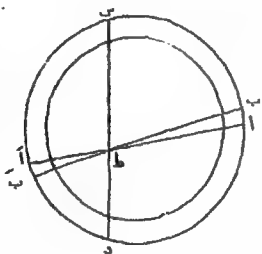
ما مرّ يتتبع لنا ان نسبة الجاذبية الى البعد يدل عليها بهذه العبارة

اذا فرضنا ج الجاذبية و ب البعد وهي ج  $\propto \frac{١}{ب^٢}$  . ولنفرض ق مقدار



المادة وإنما تتغير في جسم ثانٍ وإن جاذبية الجسم الثاني - غ فبا أن  
المادة تتغير كالجاذبية يقتضي ضربها في المادة فتكون ج ق - غ فاذا  
غ  $\infty$  في أي أن الجاذبية إلى نحو الأرض تتغير كجبر الجسم بالاستقامة  
وكمربع البعد من الأرض بالقلب أو كالمادة على مربع البعد باعتبار  
جسمين

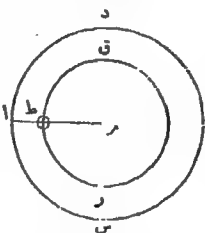
٢٢ كتلة موضوعة داخل كرة مجوفة ذات كثافة واحدة  
وعمق واحد تجذب بالسوية إلى كل الجهات فتبقى ساكنة  
لكن الكتلة ط كما في (شكل ٢) في نقطة داخل الكرة المجوفة ا ب س د.  
(شكل ٢)



ارسم ا ط ا و ب ط ب حتى يكون  
قوسا ا ب و ا ب صغيرين جداً  
وتوهم الرسم قطعاً يمر في مركز الكرة  
ومحور المخروطين اللذين يرسمان بدوران  
خطي ط ب و ط ب مخرجين فتكون  
ا ب ا ب حيثئذ المحورين الأطولين  
من الاهليجيين الصغيرين اللذين هما  
قاعدتا المخروطين واللذين يجوز أن  
توهمها سطحين مستويين لصغرها على الكرة . فمن حيث أن الزاويتين  
المتقاطعتين عند ط هما متساويتان وزاوية ا ب ط - ب ا ط لكونهما  
في قطعة واحدة فالمثلثان متشابهان قاعدتا المخروطين اهليجيان  
متشابهان اذ كانا قطعي مخروطين متشابهين فلما ميل متساوي على الجانبين  
وبمشابهة المثلثين ا ط : ط ب : : ا ب : ا ب . فلندل ق على مادة  
قاعدة المخروط ا ط ب وق على قاعدة المخروط الآخر فلان الاهليجيات  
بعضها إلى بعض كمربعات محاورها الطولي والمادة تقاس على المسطح هنا

لكون العمق واحداً تكون ق : ق :: ا ط<sup>٢</sup> ط ب<sup>٢</sup> او  $\frac{ق}{ا ط^2} = \frac{ق}{ط ب^2}$   
 ولكن  $\frac{ق}{ا ط^2}$  و  $\frac{ق}{ط ب^2}$  يدلان على الجاذبتين للقاعدة الكبرى والصغرى  
 ( رقم ٢٢ ) ولكونها متساويتين فالكتلة تجذب بالسوية من كل الاجزاء  
 المتقابلة من الكرة المجوفة

٢٤ الجاذبية داخل كرة مصهنة تتغير كالبعد من المركز  
 وبالنسبة الثقل يتغير كذلك اذا كان كل الكرة على كثافة واحدة  
 لكن ط كتلة ( شكل ٢ ) داخل كرة مصهنة ا د س وافرض البعد  
 من المركز - ب . فيحسب ( رقم ٢٢ ) الكرة ( شكل ٢ )



المجوفة الخارجة عنها ا د ر لا تؤثر فيها  
 بل تجذبها فقط الكرة ط ر ق .  
 لتدل ق على مقدار هذه الكرة فكما مر  
 الجاذبية تتغير مثل  $\frac{ق}{ب^3}$  . ولكن ق  $\propto$  ب<sup>٣</sup>  
 فاذا ج  $\propto$   $\frac{ب^3}{ب^3} \propto$  ب . فاذا اذا  
 حسبنا الارض كرة تامة وذات كثافة تامة

مع انها ليست كذلك بل تقريباً فحجم عند عمق الف ميل بزن ثلاثة  
 ارباع ما بزن عند السطح . وعند التي ميل بزن نصف ولا وزن له عند  
 المركز

فلو ثبتت الارض من جانب الى جانب واسقط جسم من ا مثلاً تاخذ  
 جاذبية ثقله بالتناقص الى ان يصل الى م المركز فتتلاشى هناك ولكن  
 بالاستمرار يحجاز المركز ويبقى متحركاً الى الجانب الاخر من الارض  
 ومن المركز تاخذ جاذبيته بالتزايد الى ان تتلاشى قوة الاستمرار هناك  
 فيرجع في جهة المركز الى ا بالجاذبية والاستمرار ويبقى هكذا ذهاباً واياباً  
 الى ما شاء الله

٣٥ الثقل على سطوح كرات ذات كثافة واحدة يتغير كانهصاف  
اقطار الكرات

برهان ذلك . ليكن ر نصف قطر الكرة وق مقدار مادتها ثر  
لان ج  $\infty \frac{r^3}{R^3}$  ففي هذه الحال تتغير مثل  $\frac{r^3}{R^3} \infty$  ر . فاذا كان سباران  
من كثافة واحدة فنقل الاجسام عليها كانهصاف اقطارها او كاقطارها  
ولذلك الجسم الذي يزن على الارض رطلاً يزن على القمر خمس اوقية لان  
قطر الارض ٦٠ مرة قطر القمر

### سوالات للتبرين

س ١ ما ثقل رطل علوه ٨٠٠٠ ميل عن سطح الارض

ج  $1\frac{1}{4}$  اوقية

س ٢ كم يصير حجر ثقله قنطاران اذا علي الف ميل عن سطح الارض

ج ١٢٨ رطلاً

س ٣ كم يقتضي ان يعلو رطل عن سطح الارض لكي يكون وزنه

اوقية وثلاث

ج ٨٠٠٠ ميل

س ٤ قال رجل نحيف ثقله ١٢ رطلاً لآخر سمين ثقله ٢٦ رطلاً

اصعد الى فوق لكي تتساوى في الوزن فاجابه السمين انزل انت الى تحت

سطح الارض ١٠٠٠ ميل وانا اصعد الى ان تتساوى في الوزن . فكم يقتضي

ان يصعد السمين لكي يتساويا اذا نزل الخفيف ١٠٠٠ ميل وكم يكون

البعد بينها

ج يقتضي ان يصعد السمين ٤٠٠٠ ميل والبعد بينها ٥٠٠٠ ميل

س ٥ كم نخسر صخرة ثقلها ٢٢٤ قنطاراً عند سطح البحر اذا رُفعت الى

جل علوه خمسة اميال

ج ٥٠٢٨٩٥٢ رطلاً

س ٦ كم يزيد ثقل جسم عند القطبين ثقله رطل عند خط الاستواء

٢٦ لا يخفى ان جاذبية الالتصاق والجاذبية الشعرية صادرتان عن الجاذبية العمومية ليس الا . لانه كلما قربت جواهر الاجسام بعضها الى بعض قويت الجاذبية العامة فيها فتزيد قوة الالتصاق ولا قوة للجاذبية العامة اذا كانت الجواهر بعيدة بعضها عن بعض لصغرهما . وسبب علم امكاننا ان نجعل قوة الالتصاق بين اجسام متفرقة انه لا يمكننا ان نفرقها بعضها الى بعض حتى يصير البعد بين جواهرها غير محسوس كما كانت قبلاً . ودليكه انا اذا جمعنا بين لوحى زجاج مستويين امسيتين بواسطة سائل يحمل احدهما الاخر بقوة الالتصاق . وكذلك اذا كان للجسم مسام وغمس في سائل فالجاذبية العامة في جواهر السطوح داخل المسام التي تجذب السائل الى جهات متقابلة ترفعه الى فوق وجهه . واذا اعترض لماذا اذا لا يرتفع السائل في الانابيب النخينة بمقدار الدقيقة فالجواب ان فعل المحدث ناتج من جواهر الانابيب الذي يقاس فعله على السطوح داخل الانابيب لكونها ذات عمق واحد . والسطوح يعرف مقدارها بضرب الدائر الاسفل في العلو الذي فعلت الجاذبية منه وانما السائل داخلها مجسم يقتضي لمعرفته ان يضرب علوه في الدائر الاسفل والحاصل في نصف قطر الدائر فالسائل والحالة هذه يتغير بنسبة اعظم من نسبة السطوح بعضها الى بعض فتضعف الجاذبية بزيادة ثخن الانابيب ويهبط السائل . ومثلاً يرتفع الماء في الانابيب يرتفع بين سطحي مادتين احدهما قريبة الى الاخرى كما اذا قربنا لوحى زجاج احدهما الى الاخر وغمسناهما في الماء . وذلك دليل على ان النعل للجاذبية العامة وليس

## للاناييب الشعرية

واما الجاذبية المغنطيسية والكهربائية والكيمياوية فلعل الحرارة والكهربائية  
واسباب اخر لا نعرفها قد اثرت في المواد والعناصر وزادت الجاذبية  
العامة او قللتها فصار المغنطيس يجذب الحديد بقوة ظاهرة والمواد  
المكهربة تجذب ما كان قريبا من المواد الخفيفة وصار لبعض العناصر القوة  
لواحد اقوى ما لآخر ولواحد دون آخر

فهرجع الجميع اذن الى الجاذبية العامة وانما باسباب القرب والبعد  
والحرارة والكهربائية واسباب آخر قد تنوعت كما مر. فسبحان من توج جميع  
أجرام الكون المادي بهذه الخاصية المعتبرة لاجل اتمام مقاصد عديدة مفيدة  
معتبرة كابقاء السيارة منها تدور حول الشمس في حركتها السنوية وتثبيت  
المواد على سطوحها في حركتها اليومية مع انه لولا الجاذبية لتحركت السيارة  
والمواد بالاستمرار في خط مستقيم وفرت الاولى عن الشمس والثانية عن  
الاولى

## الفصل الثاني

## في الثقل النوعي

٢٧ الاجسام منها ما هو ثقيل ومنها ما هو خفيف وهذان  
اللفظان نسبيان اعني انه لا يحكم بخفة جسم ما لم يتصور عكسه الاثقل  
منه ولا بثقله كذلك. وطريقة قياس الثقل على الخفيف انه يفرض  
لها حجم واحد او مساحة واحدة ويحكم ان جسما من جنس ما هو

اثقل من اخر من جنس اخر من نفس حجمه. والامر واضح ان  
الاثقلية والاخفية يتوقفان على الكثافة واللطافة لكون الدقائق  
الاكثف اي المنضغطة على بعضها بزيادة تزيد على دقائق جسم  
لطيف في حجم واحد بتشغيل الحيز بزيادة. وفضلاً عن الثقل  
النسي المرقوم لكل جسم ثقل خصوصي يعتبر له بدون مقابلته  
مع غيره. فالثقل ضربان ثقل مطلق وهو ثقل الجسم الحقيقي  
يقطع النظر عن حجمه. وثقل نسبي ويقال له نوعي وهو ثقل  
جسم ما بالنظر الى اخر من نفس حجمه. مثاله الثقل المطلق  
لرطل ذهب هو كمقدار الثقل المطلق لرطل فلين لانها  
يتساويان في الميزان. ولكن الثقل النوعي للذهب بالنسبة الى  
الفلين نحو ٨٠٢٦٦ اعني ان قطعة ذهب ثقلها ٨٠٢٦٦ مرة  
ثقل قطعة من فلين من نفس حجمها. وسمي بالنوعي لكونه ينظر  
فيه الى ثقل نوع بالنسبة الى نوع اخر كالذهب والفلين

٢٨ انه لتعيين الثقل النوعي لكل نوع مادة يقتضي ان يؤخذ نوع منها  
اولياً يقاس عليه جميع المواد. فقد اصطالحوا على جعل الماء المقطر اولياً لكل  
الجوامد والسوائل والهواء الفلكي الناشف اولياً لجميع الغازات. وستضع  
جدولاً نعين به الثقل النوعي لأكثر المواد والعناصر المشهورة حاسبين ثقل  
الماء واحداً بالنسبة الى الجوامد والسوائل من ذات حجم الماء. والهواء الفلكي  
واحداً بالنسبة الى الغازات كذلك لكونها اوليين كما مر. وقد استعملوا الماء  
قياساً للثقل النوعي لكون التوصل الى ذلك بواسطته اسهل اذ يمكنه بسهولة

ان نستقطر الصافي منه الذي لا يتغير ثقله. وايضاً لكونه يسهل اخذ ثقل اي جسم من نفس حجمه تماماً بواسطة تقطيسه فيه بدون ادنى غلط كما سيأتي بخلاف ما اذا استعملنا غيره فإنه يلزمنا استعمال وسائل مستصعبة جداً حيثئذ لاجل مساواة الحجم بكل تدقيق

٢٩ اذا غمس جسم في الماء ينقص وزنه داخل الماء عن وزنه خارجاً بمقدار وزن حجم من الماء يساوي حجم ذلك الجسم المغموس تماماً. وذلك لان المقدار من الماء المساوي لحجم الجسم المذكور الذي ملأ الآن الجسم حيزه كان عائماً في الماء قبل محمولاً فيه بواسطة كبس دقائق الماء عليه من اسفل وهذا الكبس نفسه فاعل على الجسم المغموس وبالنتيجة يخف بمقدار ثقل الماء المساوي لحجمه. فمن حيث ان الجسم المرقوم اثقل من مقدار من الماء مساو لحجمه فجازية الثقل تغلب على كبس الماء ويصير ثقله فيه بمقدار الزيادة فيهبط ويفرق. ولكن اذا كان الجسم المغموس في الماء مساوياً له في الثقل النوعي فإنه يعوم داخله فلا يطفو على وجهه ولا يغرق لكون كبس الماء قد ساوى قوة الجاذبية. وانما اذا كان ثقله النوعي اخف من الماء يغلب ضغطه على جاذبية الجسم فيجعله ويعوم على وجهه. فسبب غرق بعض الاجسام في الماء اذا دون البعض الآخر هو ان الذي ثقله النوعي يزيد على الماء يغرق والاخف يطفو على وجهه والمساوي له يعوم داخله لما مر

٤٠ وعلى هذا الناموس المذكور تبني هذه القاعدة لاستعلام الثقل النوعي للجوامد الاثقل من الماء بالنظر الى الماء المقطروهي. وزن الجسم في الهواء ثم زنه في الماء بتعليقه في ميزان بخيط دقيق او شعرة ثم خذ الفرق بين الوزنين واقسم وزنه خارج الماء على ذلك الفرق فالخارج هو الثقل النوعي لذلك الجسم. مثاله

نوفرضنا ان قطعة من الذهب وزنها خارج الماء ١٩٠٣٦ قيراطاً  
 وثقلها في الماء ١٨٠٣٦ قيراطاً فهو جوب القاعدة  $\frac{19036}{18036}$   
 ١٩٠٣٦ وهو ثقل الذهب النوعي

فلنفرض ث ثقل الجسم الثقيل خارج الماء و ث ثقله في الماء و ن الثقل  
 النوعي فتكون العبارة التجريبية للثقل النوعي هو جوب القاعدة المذكورة - ث ث  
 و ث -  $\frac{\text{ث ث}}{\text{ث ث}}$  و ث -  $\frac{\text{ث ث}}{\text{ث ث}}$  . فاذا عرف اثنان من هذه الثلاثة يعرف  
 الثالث من هذه العبارات

٤١ وان كان الجسم اخف من الماء كالخشب والفلين فعلق  
 عليه جسماً من نوع اخر يفرقه يكون قد عرف ثقله في الهواء وفي  
 الماء . ثم خذ وزن الجسمين معاً في الهواء وفي الماء فيكون الفرق بين  
 الوزنين مساوياً لوزن مقدار من الماء يعادل حجم الجسمين . ثم اطرح  
 الفرق بين ثقل الجسم الثقيل في الهواء وثقله في الماء من الفرق  
 بين ثقل الجسمين معاً في الهواء وثقلها في الماء فيكون الباقي مساوياً  
 لمقدار من الماء مساوٍ لحجم الجسم الخفيف . ثم اقسم وزن الجسم  
 الخفيف وحده في الهواء على هذا الباقي فيخرج لك الثقل النوعي  
 لذلك الجسم الخفيف وسبب ذلك واضح مما تقدم . مثاله لنفرض  
 ان الجسم الخفيف وزنه ١٢ اواق والثقل ١٥ اوقية خارج الماء و ١٤  
 فيه ثم وزنا معاً في الماء فكان ثقلها ١٢ فيكون الفرق بين  
 الوزنين ٥ والفرق بين وزن الجسم الثقيل في الماء ووزنه في الهواء



واحدًا. اطرح هذا الفرق من الفرق الاول اعني  $٥ - ١ = ٤$  الذي يساوي وزن مقدار من الماء يعدل حجم الجسم الخفيف ثم اقسم وزن الجسم الخفيف عليه اي  $٣ \div ٤ = \frac{٣}{٤}$  ثقل الجسم الخفيف النوعي

لفرض ن الثقل النوعي وخ ثقل الجسم الخفيف خارج الماء وخ ثقلها داخل الماء وث ثقل الثقل خارج الماء وث ثقله داخله فتكون ن -  $\frac{خ}{ث - خ}$  اون  $\frac{خ}{ث - خ}$  ولذلك ذكر بعضهم قاعدة الثقل النوعي للاجسام الاخف من الماء هكذا اطرح من وزن الثقل داخل الماء ثقل الجسمين معاً في الماء واضف الى ذلك وزن الخفيف ثم اقسم ثقل الخفيف على هذا المجموع. ومن العبارة المذكورة لنا  $\frac{خ}{ث - خ} - \frac{خ}{ث - خ} = \frac{خ(١ - ١) - ١(١ - ١)}{١ - ١}$  وث  $\frac{خ(١ - ١) - ١(١ - ١)}{١ - ١}$

٤٢ وأما السائلات فيستعلم ثقلها النوعي بان يؤخذ قنينة تسع الف قحمة تماماً من الماء المقطر درجة حرارته ٦٠° فاهربست وتتلأ من السائل الذي يراد معرفة ثقله النوعي. ثم توزن القنينة وما تحنويه. ثم توزن وحدها ويؤخذ الفرق بين الوزنين فما بقي فهو ثقل السائل ويقسم وزن السائل على وزن الماء اي الف قحمة فما خرج فهو الثقل النوعي لذلك السائل. مثالة قنينة عيارها ١٠٠٠ قحمة من الماء المقطر تسع ١٨٤٥ قحمة من حامض الكبريتيك فيكون ثقل الحامض الكبريتيك النوعي  $\frac{١٨٤٥}{١٠٠٠} = ١.٨٤٥$

واستعلم الفرق بين وزن جسم جامد في الماء ووزنه في الهواء وكذلك الفرق بين وزنه نفسه في السائل المطلوب ثقله النوعي ووزنه في الهواء ثم اقسام الفرق الثاني على الفرق الاول فيكون الخارج الثقل النوعي لذلك السائل. مثال ذلك اذا خسر جسم جامد ٢٠ قحمة عند وزنه في الماء و ٣٠ قحمة عند وزنه في سائل آخر فيكون الثقل النوعي للسائل الثاني  $\frac{20}{30} = \frac{2}{3}$  ١٢٥

٤٣ واما الثقل النوعي للغازات فيؤخذ كما يؤخذ الثقل النوعي للسوائل غير انه يجعل الهواء الفلكي الجاف مقياساً لها كما مرّ وذلك بان يؤخذ ثقل قنبينة ملانة هواء ثم ثقلها ملانة غازاً ويقسم الثقل الثاني على الاول فيخرج الثقل النوعي للغاز المطلوب معرفة ثقله

### جدول الثقل النوعي لبعض الجوامد والسوائل

الماء المقطر	١٢٠٠٠	الغصن المعدني	١٢٨٠٠
البلاتين	٢١٢٥٠٠	خشب البقس	١٢٣٢٠
الذهب	١٩٢٣٦٠	ماء البحر	٢٢٠٢٠
الزيت	١٣٢٦٠٠	زيت الخيتان	٢٩٣٠
الرصاص	١١٢٤٥٠	لنش الصنوبر	٢٦٦٠
الفضة	١٠٢٥٠٠	بياض الصنوبر	٢٤٣٠
النحاس الاحمر	٨٢٨٧٠	الكحول	٢٨٠٠
الحديد	٧٢٨٠٠	الاثير	٢٧٢٠

٠٢٢٤٠	الفلين	٢٤٢٢٠	البلور
٠٢٩٢٣	زيت الزيتون	٢٤٨٣٠	الرخام

## الغازات

٠٢٩٧٠	نيتروجين	١٤٠٠٠	الهواء الفلكي الناشف
٠٢٥٨٠	غاز الامونيا	١٤٥٢٠	غاز حامض الكربونيك
٠٢٠٧٠	هيدروجين	١٤١٠٠	او كجين

واما الهواء فتقله النوعي بالنظر الى الماء ١٢٠٠٠ كما سيأتي في الهوائيات

٤٤ اذا اردت معرفة ثقل جسم جامد من مساحته بدون ان  
تزنه خذ مساحته من الاقدام المكعبة واستعلم وزن القدم المكعب  
من الماء المتطهر ثم اضرب مساحة الجسم في وزن القدم المكعب  
والحاصل في الثقل النوعي لذلك الجسم. مثاله اذا اردت معرفة  
ثقل حجر الجبلى في بعلبك فخذ مساحته المكعبة بضرب طولها في  
عرضه في عمقه من الاقدام وخذ وزن قدم مكعب من الماء  
واضربه في المساحة المذكورة ثم استعلم الثقل النوعي لقطعة  
صغيرة من الحجر. اذكور كما مر واضربه في ما حصل فما كان فهو  
ثقل الحجر المذكور

ولا يخفى انه ما يصح في القدم يصح في الذراع او غيره من الاقيسة  
والانكليز يعينون الثقل المطلق للقدم المكعب من الماء لاجل سهولة العمل  
ومقدار ذلك الف اوقية طيبة وذلك بساوي نحو عشرة ارطال

٤٥ كذلك اذا أمكن معرفة وزن جسم جامد يتعسر اخذ

مساحته المكعبة لعدم انتظام سطوحه تستعلم مساحته باخذ الفرق بين ثقله في الماء وثقله في الهواء وقسمة ذلك الفرق على ثقل قدم مكعب من الماء فما خرج فهو مساحته من الاقدام المكعبة

مثاله وزن قطعة رصاص في الهواء ٦٨ رطلاً ووزنها في الماء ٤٨ رطلاً فتكون مساحتها قدمين مكعبين لان الفرق بين الوزنين ٢٠ رطلاً وهو ضعف وزن القدم المكعب من الماء كما مر

٤٦ قد تقدم القول ان الاجسام التي ثقلها النوعي يزيد على ثقل الماء تغرق والاجسام المساوية له في الثقل النوعي تعوم فيه والاجسام الاخف تطفو على وجهه. والان نقول ان هذا الحكم يصح ليس فقط على الجوامد والماء بل ايضاً على الجوامد وجميع السوائل وعلى السوائل بعضها مع بعض فالأخف في ثقله النوعي يصعد فوق الأثقل. وعلى ذلك اذا وضعنا سائلات مختلفة كحامض الكبريتيك والماء والزيت والكحول والايثير فنرى انها تنفص فوق بعضها الأخف فالأخف اي ان الحامض يستقر اسفل والماء فوق ثم الزيت ثم الكحول ثم الايثير

ان الريش الخفيف او الهبا او ما شاكلها تتطاير في الهواء لكون ثقلها النوعي متساوياً لثقل الهواء النوعي او قريباً من التساوي لكونها متفشة. وعليه يمكن ان نخفف الثقل النوعي للجوامد بالنسبة الى الماء وغيره بنجوتها. فيمكننا ان نصنع مركباً من خديد مثلاً يطفو على وجه الماء وذلك لان ثقله النوعي حينئذ اخف من الماء لكبر حجمه وقلة مادته فجويته بنجاة انسانع السامية. وعلى هذه الحقيقة ايضاً قد اخترعت البلونات لانهم يملأونها غازاً اخف من الهواء وهو الهيدروجين فخطاب الصعود الى فوق ويحملونها ما

يمكن ان تحل. وعلى هذا المبدأ قد اخترعت السوفات التي اذ تشعل النار فيها يتمدد الهواء داخلها بالحرارة التي من شأنها ان تمدد الاجسام كما سيأتي وبصير اخف منه خارجها فيصعد ثم ياتي هو الاخر ليملأ الخلاء اذ لا تطبق الطبيعة الخلاء كما سيأتي ثم يخف هذا ويصعد كذلك وهكذا يحصل مجرى من الهواء يُضرم النار

٤٧ اذا وضع جسم جامد في ماء في وعاء فانه يرفع الماء عما كان عليه بمقدار حجمه وذلك ناتج من خاصية عدم التداخل كما مر

فاذا اخذنا قنبلة فيها ماء اقل من ملئها طول فراغها عقدة وعرضه عقدة مفروض العقد على علوها ووضعنا فيها قطعة من ذهب او غيره وربنا انها ترفع الماء عقدين مثلاً يُعرف ان حجم تلك القطعة عقداً مَكْبَتَان. فاذا رفع جسم من فضة الماء عقدين مَكْبَتَيْن يكون وزنه انقص من الذهب الذي يرفع الماء بهذا المقدار لكون ثقله النوعي اقل واذا اخذنا جسمين منها متساويين وزناً وانزلنا كلاهما في الماء فالفضة ترفعه اكثر من الذهب لزيادة حجمه حيث ان وزنه على ذلك بنى ارخميدس بميلته في استعمال كمية الفضة المزغول بها تاج هيرو ملك سرقوسة وستضع ذلك مع المسائل في اخر الفصل

وتجرب الخبران هيرو ملك سرقوسة الذي ولد نحو سنة ٢٩٠ ق م اعطى صائغاً مقداراً من الذهب الخالص لكي يصنع له تاجاً فعند خلوص التاج داخله مظنة في الصائغ لعله سرق من الذهب وزغل التاج. فاستدعى الفيلسوف ارخميدس معاصره لكي يتحقق ذلك بدون حل التاج او يردده. واذ لم تكشف عليه طريقة معرفة الامر أولاً بقي محملاً في امره مدة الى ان ذهب الى الحمام يوماً وانزل جسمه في المغطس الطافح بالماء.

ولاحظ انه يتدفق منه ماء بمقدار ما يتزل من جسمه في الماء فاتبه حيثئذ الى عدم التداخل في الاجسام وانه اذا تساوت مساحة جسمين واختلف نوعهما يرفع كل منهما الماء بمقدار واحد عن حده ولكن يختلفان في الثقل واذا تساوي وزنها فالذي ثقله النوعي اخف يرفع الماء أكثر لزيادة حجمه حيثئذ . وانه من هذه الحقيقة تتوصل الى معرفة الفضة المزغول بها التاج وعند ذلك فر من المنقسط وهو ل راکضاً من الحمام عرباً لشدّة فرجه باكتشاف المسئلة وهو يصنف ويهتف قائلاً وجدتها وجدتها وسباني تنصبل العبل

٤٨ اما طريقة معرفة عيار الذهب بواسطة الثقل النوعي فهي ان تاخذ الثقل النوعي للذهب المفروض ثم تربط ١٩٢٢٦ الثقل النوعي للذهب الخالص مع ١٠٢٢٦ الثقل النوعي للفضة الانكليزية الدارجة . وثقلها اقل من الفضة الخالصة لانها تمزج بقليل من النحاس الاحمر لتصير صلبة . وتجعل الثقل النوعي الذي استخرجته ثمناً مركباً ثم تستخرج الفضلين كما في التعديل المتبادل . ثم تجمعها ونقول نسبة مجموعها الى ٢٤ كنسبة الفضل المقابل هذا العدد ١٩٢٢٦ الى عيار الذهب المفروض

وهذه القاعدة مبنية على ان الجسم المركب من نوعين او انواع ثقله النوعي يكون ثقل المزيج وطريقة حساب المزيج تعرف من التعديل المتوسط والتعديل المتبادل في الحساب . ولعل هذه الحقيقة لاخلل فيها . وعلى هذا الاسلوب يتوصل الى معرفة عيار الفضة غير انه يربط لذلك الثقل النوعي للفضة الصافية بالثقل النوعي للنحاس الاحمر كما في الجدول

## مسائل مثورة

س١ وزن جسم وزن ٢٠٠ قنجة بالهواء وبالماء ٥٠٠ فما الثقل النوعي لذلك الجسم ج ٤

س١ سبيكة ذهب خالص وزنها في الهواء ٢٨٢٧٢ درهم فكم يقتضي ان يكون ثقلها في الماء ج ٢٦٢٧٢ درهم

س١ فليئة وزنها في الهواء ٤٨ درهما وقطعة من النحاس وزنها في الماء ٤٨٨ درهما وثقل النحاس والفليئة معاً في الماء كان ٢٣٦ درهماً فكم هو الثقل النوعي للفليئة ج ٢٢٤

س١ فليئة وزنها في الهواء ٧٢ درهماً اغرقها قطعة رصاص وزنها في الماء ٢٢٩ درهماً فكم يقتضي ان يكون وزنها في الماء ج درهم واحد

س١ سبيكة من الذهب وجد ان ثقلها النوعي ٦٢٢٦ فما هو عيارها  
س١ هيردوملك سرقوسة امر صائغاً ان يصنع لثة تاجاً واعطاه لذلك ٦٣ اوقية ذهباً فزغل الصائغ الذهب بمقدار من الفضة فامر الملك الفيلسوف ارخميدس ان يمتحن التاج فوجد ان التاج رفع الماء ٨٢٢٢٤٥ عقد مكعبة وان عقدة مكعبة من الذهب تزن ١٠٢٣٦ اوقية وعقدة مكعبة من الفضة تزن ٥٢٨٥ اواق ومن ثم استعلم كم من ذهب الملك سرقه الصائغ. مطلوب تكرار العمل

في ٦٣ اوقية ذهب خالص ٦٢٠٨١١ عقد مكعبة

في . . فضة . . ١٠٢٧٦٩٢ . .

وبالربط 
$$\left. \begin{array}{r} ٦٢٠٨١١ \\ ١٠٢٧٦٩٢ \end{array} \right\} \begin{array}{r} ٣٢٥٤٤٧ \\ ٢٢١٤٣٤ \end{array}$$

٦٨٨١ ٤٢٤٤ ٢٢١ ٦٣ :: ك - ٢٨٢٨ اوقية فضة

ذهب . ٢٤٢٢

## الفصل الثالث

### في مركز الثقل

٤٩ مركز الثقل لجسم هو تلك النقطة التي تتوازن عليها جميع اجزائه المتقابلة ويهدأ عليها لو رُكِّز على شيء. وهو للأجسام المنتظمة من ذات كثافة واحدة في مركز مساحتها. مثالة مركز الثقل لكرة او مكعب او اسطوانة هو في المنتصف عند مركز الجسم

ان مركز الثقل لحلقة هو عند مركز دائرتها تماماً. فينتج انه قد يكون في الجسم اي ضئ من مادته كـ مركز ثقل كرة وقد يكون خارجها كـ مركز الحلقة. واما مركز الثقل لقوس من حلقة او ما يشبهها فهو في الخط العمودي على منتصف الوتر. وهو ايضا خارج المادة

تنبيه. تستعمل لفظة مركز الثقل فيما يأتي لنقطته نفسها او النقطة التي تقابلها في سطح الجسم في طرف الخط العمودي من المركز على السطح  
٥٠ اذا وصل قضيب من معدن او خلافة بين جسمين  
شـ مركز الثقل هو بين الجسمين. وهو في نقطة الانتصاف اذا كان الجسمان متساويين. واذا كان احد الجسمين اثقل من



الآخر يكون اقرب للثقل ونسبة بعد احد الجسمين عنه الى بعد الآخر كثقل الواحد الى ثقل الآخر بالقلب ا. اي الحاصل من ضرب احد الجسمين في بعده عن مركز الثقل يساوي الحاصل من الجسم الآخر في بعده عنه وسياتي برهان ذلك في الميكانيكيات

مثاله في هذين الجسمين اذا كان ثقل ا = ٢٠ اوقية وثقل ب = ١٠

شكل ٤

اواقى والبعد بين ا و ب = ٨

فيكون مركز الثقل عند ل

بحيث يكون ل ب = ٦ وال -

٢. وتكون النسبة هكذا ٢٠ :



١٠ :: ٢ : ٦ او ٢٠ x ٢ = ١٠ x ٦ فاذا عرف ثقل كل من الجسمين

وفرض بعد احدهما عن مركز الثقل يستخرج البعد الذي يقتضي ان يكون

للاخر عنه لكي يتوازنا عليه . ولكن ان فرض كل البعد بينها يستعلم مركز

الثقل بهذه النسبة وهي مجموع ثقل الجسمين : ثقل احدهما :: البعد بينها :

بعد الآخر عن مركز الثقل لها . فبني عرف بهذه النسبة بعد احدهما عن

مركز الثقل ينصل من البعد بينها فتتعين نقطة المركز ل في المثال الماضي

٤٠ : ٢٠ :: ٨ : ك وبالتحويل ك - ٦ وهو بعد الاصغر الذي ثقله ١٠

اواقى وهكذا يستخرج بعد الآخر وهو ٢

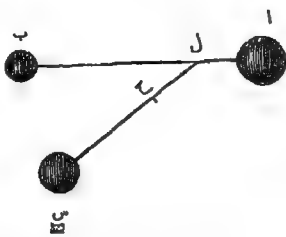
٥١ ثم اذا فرضنا اتصال ثلثة اجسام بعضها ببعض بواسطة قضبان من

معدن او خلاص كما اذا انصل بقضيب اب من المركز ل جسم من يقضي ل

س (شكل ٥) يجري حسابها على ما مر ويحسبان جسي ا و ب قد اجتمعا في

نقطة ل جسماً واحداً لكونها مركز ثقلها فاذا فرضنا س = ٢٠ اوقية

شكل ٥



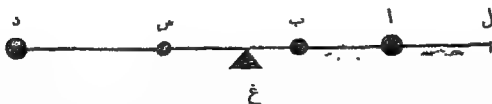
وس ل - ٦ فحسباً مر تكون النسبة  
هكذا ٦٠ : ٤٠ :: ٦ : ٤ ك وبالتحويل  
ك - ٤ الذي هو بعد س عن  
مركز الثقل فاذا فصلنا س - ٤  
تكون ح مركز الثقل للثلاثة وهكذا  
مما تعددت الاجسام . ولا فرق  
بين ان تكون س ل اوس ل ب  
قائمة او غير قائمة ولكن اذا لم يتصل س بالجسمين عند نقطة مركز الثقل  
ل فلا يكون مركز الثقل في فضيه

واعلم انه قد اعتبر هنا الفضيان اب ول س خطين هندسيين لا ثقل لهما .  
ولكن اذا اردت التدقيق لمعرفة بعد احد الجسمين باعتبار ثقل الفضيب  
فاضف نصف ثقل الفضيب الى كل من الجسمين ثم تجري النسبة على ما  
قدم . وسياتي برهان ذلك في الميكانيكيات

٥٢ بعد نقطة مفروضة من مركز الثقل العمودي لعدة من  
الاجسام مراكز ثقلها في خط مستقيم ما ربتلك النقطة يساوي  
مجموع الحواصل الناتجة من ضرب كل جسم في بعده عن  
النقطة المفروضة مقسوماً على مجموع الاجسام

لتوضع الاجسام اب س د بحيث الخط ل د يمر في مراكز ثقلها فمطلوب

شكل ٦



ان نجد بعد مركز الثقل المشترك لها من نقطة ما مثل ل . ليفرض ل د  
شرطاً قوياً لا ثقل له ولكن غ مركز الثقل المشترك للجسام ثم حسب  
ما مر

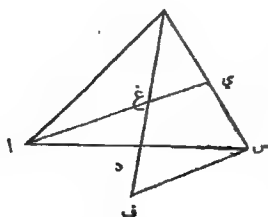
$$\begin{aligned} & \text{ا} \times \text{ا} \text{ غ} + \text{ب} \times \text{ب} \text{ غ} - \text{س} \times \text{س} \text{ غ} + \text{د} \times \text{د} \text{ غ} \text{ أي } \text{ا} \times (\text{ل} \text{ غ}) \\ & - (\text{ل} \text{ ا}) + \text{ب} \times (\text{ل} \text{ غ} - \text{ل} \text{ ب}) - \text{س} \times (\text{ل} \text{ س} - \text{ل} \text{ غ}) + \text{د} \times (\text{ل} \text{ د} - \text{ل} \text{ غ}) \\ & \text{اذا } \text{ا} \times \text{ا} \text{ ل} \text{ غ} + \text{ب} \times \text{ب} \text{ ل} \text{ غ} + \text{س} \times \text{س} \text{ ل} \text{ غ} + \text{د} \times \text{د} \text{ ل} \text{ غ} \\ & - \text{ا} \times \text{ل} \text{ ا} + \text{ب} \times \text{ل} \text{ ب} + \text{س} \times \text{ل} \text{ س} + \text{د} \times \text{ل} \text{ د} \\ & \text{ل غ} = \frac{\text{ا} \times \text{ل} \text{ ا} + \text{ب} \times \text{ل} \text{ ب} + \text{س} \times \text{ل} \text{ س} + \text{د} \times \text{ل} \text{ د}}{\text{ا} + \text{ب} + \text{س} + \text{د}} \end{aligned}$$

٥٢ ان رسم خط من إحدى زوايا مثلث ذي عمق واحد  
وكثافة واحدة الى نقطة انتصاف الضلع المتقابل لها . وخط اخر  
من زاوية اخرى الى منتصف الضلع المتقابل لها يكون مركز ثقل  
المثلث في ملتقى الخطين على بعد من منتصف الضلع المتقابل  
يساوي ثلث طول الخط المرسوم عليه

نصف ا س في د وارسم ب د في هذا الرسم فينصف ب د جميع الخطوط  
الموازية لخط ا س المرسومة من

شكل ٧

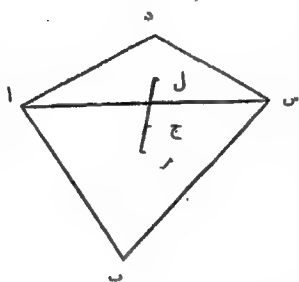
ب



ا ب الى ب س . فلذلك ان  
وضع خط ب د على حرف طويل  
بهذا المثلث ا ب س عليه فتكون  
نقطة مركز الثقل في خط ب د .  
نصف ب س ايضاً في ي وارسم  
اي فيكون مركز الثقل في خط  
اي وتكون غ نقطة ملتقى خطي

ب د واي مركز ثقل المثلث . اخرج ب د الى ف وارسم س ف موازياً  
اي فلكون ب ي غ ب س ف متشابهين وب س ضعف ب ي  
يكون ب ف ضعف ب غ وتكون نقطة غ منتصف ب ف . ثم في مثلثي ا د  
غ و ف د س قد جعل ا د - د س وزاوية ا د غ - ف د س واغ د -  
د ف س لكون اي يوازي ف س فخط د ف - د غ ( اقل ق ٢٦ ك ١ )  
فيكون د غ ربع ب ف او ثلث ب د . وهكذا اذا انصلت ثلث عوارض  
من س بمك واحد وكثافة واحدة على هيئة مثلث  
ويستعلم مركز الثقل لاي شكل كثير الاضلاع اضلاعه اكثر من ثلاثة  
بنفسه الى مثلثات واخذ مركز ثقل كل مثلث ثم يستعلم مركز الثقل المشترك  
بالنسبة كما مر

شكل ٨

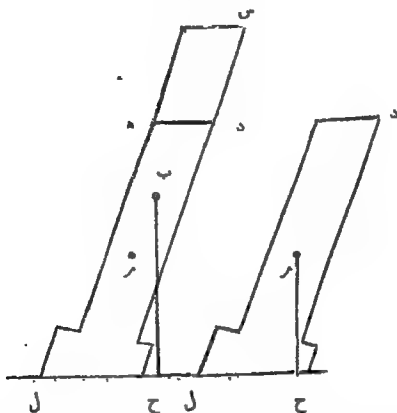


مثالة ليكن ا د س ب  
شكلاً اذا اربعة اضلاع اقسمة  
بخط ا س الى مثلثين وخذ  
مركز الثقل لمثلث ا ب س  
مثل م و ا د س مثل ل . ثم  
بالنسبة المذكورة سابقاً تستعلم  
المركز المشترك ج اي ا ب س  
د : ا ب س : ل م نل ح وهكذا

مها تعددت اضلاع الشكل الكثير الاضلاع

٥٤ ان وُضع جسمٌ مها كانت صورته او مقداره على سطح  
يبقى ساكناً ان وقع خط عمودي من مركز ثقله على سطح افق  
الجسم داخل قاعدته والا يقع . والخط العمودي المذكور يسمى  
خط الجهة .

مثالاً ليكن شكل د ل قاعدة ج ل ومركز ثقله م. فمن حيث ان خط  
الجهة م ج واقع داخل القاعدة ج ل فيثبت الجسم . ولكن ان اضيف اليه  
جسم آخر مثل س ه ينتقل مركز الثقل الى ب مثلاً وحينئذ يقع خط الجهة  
ب ج خارج القاعدة فيقع الجسم . وسبب ذلك هو ان الضغط على مركز  
شكل ٩

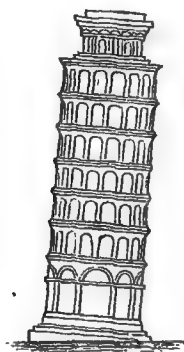


الثقل كما لو اجتمعت كل دقائق الجسم فيه . والجاذبية تنجبه الى نحو مركز  
الارض عمودية على سطح الافق فتتطابق خط الجهة . فان بقي هذا الخط  
داخل القاعدة فالمادة المتصلة بينه وبين القاعدة تسندهُ والا فلا لعدم وجود  
مادة عند القاعدة تسندهُ كما ترى (شكل ٩)

تنبيه. سطح الافق لشخص اولشي هو السطح المستوي الذي يمس الارض في  
موقع الشخص ويقال ايضاً للسطح الموازي له الذي يمر بمركز الارض سطح  
الافق . فلا بد ان يكون الخط المستقيم المنجبه الى نحو مركز الارض الذي يمر  
بموقع الشخص عمودياً على سطح افقه لان سطح افقه يمس كرة الارض عند

موقعه وبحسب الهندسة نصف القطر من المركز الى نقطة الماسة عمودي على  
المحيط او السطح المماس

٥٥ ان برج بينا الشهير (شكل ١٠) الذي علوه مئة وثلاثون قدماً  
ويصل ١٥ قدماً عن الوضع العمودي بدون ان يقع هو مثال لما ذكر . فانه  
مبني بهارة واعناء كلي حتى يقع خط



شكل ١٠

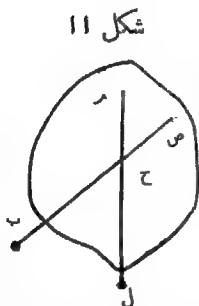
المجبهة من مركز ثقله داخل قاعدته . وكيفية  
بنائه ان الجزء الاسفل مئة مبني من صخر  
كثيف جداً ووسطه من قرميد واعلاءه من  
حجر خفيف مسامي لكي يكون مركز ثقله  
اقرب في هذه الحال الى القاعدة مئة في حال  
كون كثافة البناء من اسفل الى هذا العلو  
واحدة وبذلك يقع مركز ثقله داخل القاعدة  
فيثبت . فلو بنوه من كثافة واحدة او زادوا  
علوه مع بنائه هكذا لوقع لان مركز الثقل

يقع حيثئذ خارج القاعدة . ولا شك انه كان القصد في بنائه على هذه الكيفية  
الذي اقتضى له كل هذا الاعناء جعله موضوعاً للبهمة والتعجب

٥٦ مما تقدم ينتج انه كلما وسعنا قاعدة جسم مع بقاء المركز  
او قربنا المركز من القاعدة مع بقاءها على حالها يكون الجسم أثبت  
واقل خطراً من ان يُوقع بقوة ضعيفة . وكلما ضاقت القاعدة مع  
بقاء المركز على حاله او بعد المركز عن القاعدة مع بقاءها على  
حالتها زاد خطر وقوعه لان قوة ضعيفة تميله قليلاً حتى يقع مركز  
الثقل خارج القاعدة

٥٧ ان الذي يسهل على البهلوان ان يمشي على الحبل هو انه يعتاد بواسطة الميزان الذي يمسكه بيديه ان يرجع مركز الثقل الى القاعدة عند ما يميل خط الجهة بميله على الحبل ان يقع خارجها . والاخبار يعلمه انه كلما مال هو الى جهة يميل الميزان الى الجهة المتقابلة لكي يتغير مركز الثقل فيستقل الى حيث يقع داخل القاعدة وعلى مبدأ مراعاة مركز الثقل نتم جميع اللعب البهلوانية . وعليه اذا التزمت ان تمشي على جدار او حرف ضيق تكون اقل خطراً من الوقوع اذا مددت يديك الى اليمين واليسار لتبقي بهما الوقوع كميزان البهلوان . وعلى هذا المبدأ اذا انحنى واقف الى نحو الارض يلتزم ان يؤخر عجزه الى خلف ولولا ذلك لما امكنه ان ينحني لصغر قاعدته عند رجليه . ودليله انك اذا انتصبت بلسق حائط لا يمكنك ان تنحني كالعادة فتتناول شيئاً من عند رجليك بدون ان تقع . وعلى ذلك يوخز العظيم البطن او الذي يحمل شيئاً ثقيلاً على بطنه الجزء الاعلى من جسمه أثلاً يقع الى قدام بوقوع مركز الثقل خارج القاعدة وهم جراً

٥٨ اذا علّق جسم في نقطة منه وهذا فخط الجهة لا بد ان يمر بنقطة التعليق للجسم اذا اخرج منها كان شكلاً او سمكة او كثافته



شكل ١١

مثاله ليكن ا د ب ( شكل ١١ )

جسمًا مركز ثقله ح وليعلق بالنقطة م بواسطة مسار مثلاً . فاذا علّق خيط مثل م ل مربوطاً في طرفه ثقل لكي يجعله عمودياً على سطح الافق اذا هدأ عن الخطران فلا بد ان يمر بالنقطة ح . وسبب ذلك ان المادة على جانبي م ل لا بد ان تتوازن

لأن الجاذبية تنقل على جهتيه ولا يدفع الجانب الاثقل الاخف الى ان توازن  
 مادة الجانب الواحد مادة الجانب الآخر حيث يبرم ل ضرورة في مركز  
 الثقل ويوافق خط الجهة لانه ينجو الى نحو مركز الارض . واذا اتخذنا نقطة  
 اخرى غير م مثل ص وعلقنا الجسم والثقل ب بها يتزلزل الى ل ويكون  
 ص ب عمودياً على الافق ويمر مركز الثقل ج لما تقدم فتتبعين ج حيث يثقل نقطة  
 تقاطع خطي م ل و ص ب . فتستخلص من ذلك قاعدة عمومية لمعرفة مركز  
 الثقل لأي جسم كان وفي

علق الجسم بنقطة منه وعلق بتلك النقطة خيطاً في طرفه  
 ثقل واصبر عليه الى ان يهدأ . وارسم خطاً يطابق ذلك الخيط .  
 ثم علقه بنقطة اخرى منه كذلك . وارسم خطاً ايضاً يطابق الخيط .  
 فمركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين

٥٩ اذا تعلق جسم فلا يخلو اما ان تكون نقطة التعليق مركز

الثقل او تحته او فوقه

ففي الحال الاول بهذا الجسم كيفاً وضع كدولاب معلق على محور او  
 موضوع على سطح افقي . وهذه الحالة ما تسمى بالموازنة المطلقة . وقد يكون  
 والحالة هذه مركز الثقل بعيداً عن مركز الجسم المنتظم لاختلاف الكثافة .  
 وقد يكون خارج الجسم كحفة او طارة وعلى كلا الحالين مركز الثقل بُراعي كما  
 لو كان في مركز الجسم نفسه او ضمن مادته

وفي الحال الثاني ان تحرك مركز الثقل ولو قليلاً عن وضعه المتسامت  
 يرسم نصف دائرة تامة وبلا استمرار يفوت نصف المحيط قليلاً ثم يرجع وهكذا  
 بهذا بعد ان يخطر عدة خطرات تحت نقطة التعليق . وهذه الحالة ما تسمى  
 بالموازنة غير الثابتة



وفي الحال الثالث ثبت الجسم ولكن ان غيرناه عن وضعه يرجع اليه ولا يهدأ حتى يستقر مركز الثقل تحت نقطة التعليق اذ تكون متسامتة له .  
وهذه الحال نسي بالموازنة الثابتة

وعلى ذلك اذا تريك جسم<sup>٢</sup> ان يتحرك لا يمكنه ان يكون في موازنة ثابتة ما لم يهدأ مركز الثقل عند النقطة السفلى .  
وعلى هذا المبدأ قد يتحرك جسم ظاهراً ضد الجاذبية



شكل ١٢

مثالة ( شكل ١٢ ) القرص م من خشب الثقل على جانب واحد برصاص

مثلاً حتى يكون مركز ثقله عند ج يصعد على سطح مائل حتى يصير مركز الثقل اسفل . فمركز الثقل اذ ذاك يهبط بالنسبة الى مركز الجسم المحسوب كنقطة التعليق الذي يصعد الى فوق . وعلى هذا المنوال لانستقر كرة<sup>٣</sup> اي طابة مثقلة على جانب واحد ما لم يهبط الجانب المثقل الى اسفل

قطعة من دائرة على سطح افقي لانستقر<sup>٤</sup> ما لم تكن قاعدتها افقية . وذلك لان القطعة تمس<sup>٥</sup> السطح دائماً في نقطة متسامتة لمركز دائرتها من المحسوب كنقطة التعليق . فاذا لم يكن

شكل ١٣

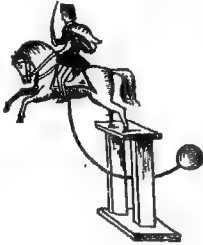


مركز الثقل ج في الخط المتسامت المرسوم من س الى نقطة الماسة لا يكون خط المجهه مستوياً فيقع مركز الثقل . وان كان في الخط

يكون مستوياً بنقطة الماسة ويكون في النقطة السفلى تحت نقطة التعليق فوالحالة هذه تكون قاعدتها افقية كما يرى في الرسم ( شكل ١٣ ) . فبعد ان يتحرك الى هذا الخط ويقوته بالاستمرار يرجع اليه ويقوته اقل وهكذا نخطر

القطعة عدة خطرات الى ان همدا ويستقر مركز الثقل تحت نقطة التعليق في الخط . وعلى هذا المبدأ اصطنعت الاسرة والكراسي المزانة وغيرها لكي يهتز بسهولة!

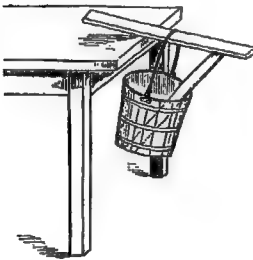
شكل ١٤



ويتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق بوضع متسامت بعد عدة خطرات من لعبة مصنوعة لإجل تسلية الاولاد (شكل ١٤). فان الحصان وراكبه معلقان برجلي الحصان وبواسطة كرة من رصاص في طرف الشريط المتدوي مستديراً كالعرجون يصير مركز الثقل تحت نقطة التعليق . واذا حركت اللعبة

تخطر عدة خطرات بخطر ان مركز الثقل الى ان همداً يهدوه . وقد تصنع يدا الحصان على كيفية بها تتحركان بموجب مبادئ مركز الثقل

شكل ١٥



وقد يتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق على وضع متسامت بطريقة مبهجة وهي . خذ دلوّاً كما في هذا الرسم (شكل ١٥) ملوّاً ماء وعلقه على مائدة في عارضة من خشب متصل بها عارضة اخرى تصل الى قعر الدلو وتدفعه الى تحت المائدة على الكيفية المبينة في

الرسم . فبذلك يصير مركز الثقل تحت حرف المائدة حيث نقطة التعليق متسامتة له فينعلق ولولا العارضة السفلى المتصلة بالعليا لما ثبت الدلو

## سوالات للتبرين

س<sup>١</sup> برج على شكل اسطوانة متساوي الكثافة علوه المائل ٢٠ ذراعاً  
 وقطر قاعدته ٤ اذرع مبني<sup>٢</sup> مائلاً بقدر ما يمكن بحيث لا يقع فما هو علو مركز  
 ثقله العمودي على طرف قاعدته ج ٢٤٨

س<sup>٢</sup> مفروض وضع ثلثة اجسام على زوايا مثلث مطلوب البرهان ان  
 مركز ثقلها مركز ثقل المثلث نفسه

س<sup>٣</sup> مفروض مثلث من خشب جوز ذو عمق واحد طول اضلاعه  
 ٤ و ٣ و ٢ اقدام فكم يكون بعد مركز ثقله عن منتصف ضلعه الاطول  
 ج (بحسب اقل ق الك ٢) ٥٢٧ من القدم



# الباب الثاني

في الحركة وفيه ستة فصول

## الفصل الاول

في الحركة والزخم والقوة

٦١ الحركة هي انتقال جسم من حيز الى اخر فهي عكس السكون . وهي ضرورية للكون لانه ان لم يكن حركة فلانهار وليل ولا فصول في السنة ولا تجري المياه في مجاريها ولا حركة للهواء ولا صوت ولا نور ولا حرارة ولا حياة حيوانية او نباتية بل موت عام

اذا تحرك جسم بقوة ما فلا بد ان يعتبر في حركته ثلاثة اشياء وهي البين والوقت والسرعة . اما البين فهو الفسحة التي يتحرك فيها الجسم في وقت مفروض واما الوقت فهو مدة الحركة واما السرعة فهي مقدار فسحة الحركة في واحد من الوقت . كما اذا وصل صوت مدفع من مكان الى اخر على بعد ٣٣٧٥ قدماً

بعد ظهور شهب البارود بثلاث ثواني فيقال ان سرعة الصوت هي ١١٢٥ قدماً في الثانية . فان السرعة هي ١١٢٥ والوقت ٢ ثواني والبين ٧٥

٦٢ ان الحركة تقسم الى قسمين مطلقة وهي حركة جسم في بين ما يقطع النظر عن جسم اخر . ونسبية وهي حركته في بين بالنظر الى جسم اخر مباشرة فحركة النجوم السيارة في دوائرها مثلاً هي مطلقة وحركة مسافر على ظهر مركب هي حركة نسبية لانه متحرك بالنظر الى الماء او البر مع انه ساكن باعتبار جلوسه على المركب وكذلك حركة الاجسام على سطح الارض . وهكذا نقسم السكون الى قسمين مطلق ونسبي . فاذا توهمنا جرماً ساكناً في الفلك يكون سكونه مطلقاً . واذا تحرك مركب الى جهة وتحرك راكب الى جهة متفابلة على ظهره بسرعة المركب حتى يبقى في المكان الذي كان فوقه من الماء فان سكونه نسبي لانه ساكن بالنسبة الى الماء مع انه متحرك بالنظر الى المركب . ولا نعرف جسماً في الكون ساكناً سكوناً مطلقاً

٦٣ ثم ان الحركة باعتبار السرعة تقسم الى ثلاثة اقسام متساوية وهي حركة جسم في فترات متساوية في اوقات متساوية . ومتسارعة وهي مرور جسم في فترات يتزايد طولها في اوقات

متساوية كحركة الجسم الساقط الى نحو الارض كما سيأتي، ومتباطئة وهي مرور جسم في فضاء يتناقص طولها في اوقات متساوية كحركة جسم رمي الى اعلى فتتناقص حركته بالجاذبية الى ان فتلاشى فيرجع بحركة متسارعة بالجاذبية

انه لا مرّ واضح ان الين في الحركة المتساوية يعدل حاصل الوقت في السرعة. مثالة اذا تحرك جسم ٤ اقدام في كل ثانية ففي ٦ ثوان يمر<sup>٨</sup> بفضحة طولها ٢٤ قدماً. واما الين في الحركة المتسارعة او المتباطئة بدوام فعل قوة

شكل ١٦

٤-س


٢١٠

واحدة كالجاذبية فسياتي الكلام عليها في حركة الاجسام الساقطة الى الارض. ولا ضابط للتسارعة او المتباطئة بفعل قوتين او قوات مختلفة. ويعبر عن الين في الاولى بمسطح وعن الوقت والسرعة بضلعيه فرسم هذا المستطاح يطابق المثل المذكور. فاذا فرضنا الين - ب والسرعة - س والوقت - و يكون لنا هذه العبارة

ب - و X س ومن هذه العبارة نستخرج بالجبر و - س و س - و. فمع بقاء السرعة بتغير الين كالوقت او مع بقاء الوقت كالسرعة. والوقت بتغير كالسرعة بالقلب والسرعة كالوقت بالقلب مع بقاء الين

٦٤ الزخم. زخم جسم هو مقدار قوة حركته. وهو يساوي حاصل كمية مادته في سرعته. لان زخم الجسم كله هو مجموع قوات حركات

جميع اجزائه فيتوقف على عدة الاجزاء وسرعة كل واحد منها

لنفرض الزخم - ز ومقدار المادة - ق والسرعة - س فلنا

$$ز = ق \times س \quad \text{وق} = \frac{ز}{س} \quad \text{وس} = \frac{ز}{ق}$$

اي ان الزخم يساوي المادة في السرعة والمادة تساوي الزخم مقسوماً على السرعة والسرعة تساوي الزخم مقسوماً على المادة . فاذا عُرِف اثنان من هذه الثلاثة يُعرف الثالث من هذه العبارات الثلاث . ثم من العبارة الاولى يتج ان ز ∞ ق او ز ∞ س اي الزخم يتغير كالمادة بالاستقامة مع بقاء السرعة على حالها او كالسرعة بالاستقامة مع بقاء المادة كذلك . فاذا زاد الزخم او نقص كزيادة المادة او نقصانها في جسم متحرك تبقى السرعة على حالها . ومن العبارة الثانية والثالثة يتج انه اذا زادت المادة كزيادة السرعة بالقلب يبقى الزخم على حاله . واذا زادت السرعة كزيادة المادة بالقلب يبقى الزخم على حاله

٦٥ القوة. اذا فعلت قوة في جسم فلا تحدث حركة في كل

اجزاء الجسم في وقت واحد . ولكن تحرك اولا الدقائق التي

تعمل عليها القوة ومنها تمتد الحركة الى الدقائق الاخر بالتتابع

ويتضح ذلك من انه اذا رُميت رصاصة من اليد على لوح زجاج فانها

تكسره كسراً . ولكن اذا اطلقت من بارودة فانها تاخذ منه بقدر ملتها .

وسبب ذلك هو ان الرصاصة اذا رُميت باليد فالقوة بما انها ضعيفة تجعل

حركتها بطيئة وبذلك يكون فرصة لامتداد الحركة في الزجاج فيتكسر

قطعا . ولكن الرصاصة المطلقة من البارودة تكون سريعة جداً حتى لا

يكون فرصة للحركة لكي تمتد الى بقية الاجزاء التي لم تمسها الرصاصة فتاخذ

الدقائق التي فعلت بها وحدها وتخزقة نازكة فيوثقاً انساعاً كانساع

قطرها . ودليلاً انك اذا علقت لوح زجاج بخيوط في غصن شجرة مثلاً واطلقت

عليه رصاصة بثقب ولا يتحرك. وإذا كان باب مفتوحاً فإنه يغلق بقوة ضعيفة ولكن إن أصابته كلة أطلقت من مدفع تخرقه وتأخذ منه ملاءها بدون أن تخرجه. وذلك لأن سرعتها تجعلها تغلب على جاذبية الالتصاق فتأخذ الاجزاء الفاعلة عليها بسرعة فائقة بحيث لا تسمح للحركة بفرصة لكي تمتد الى باقي اجزاء الباب وتغلب على استمراره في حالة السكون

٦٦ إذا تحرك جسم فلا بد من قوة تفعل فيه فتغلب على استمراره في حال السكون فتحركه كما انه اذا كان متحركاً فلا بد من قوة تسكنه. ولما كانت القوة تعتبر كالزخم لانه نتيجةها فاذا وضعنا القوة عوض الزخم (رقم ٦٤) تتغير كتغيره بالنظر الى المادة والسرعة هناك. وتتغير المادة كتغير السرعة بالقلب والسرعة كالمادة بالقلب مع بقاء القوة كما انها بتغيران بالقلب هناك مع بقاء الزخم. فان زادت القوة كزيادة المادة في جسم متحرك تبقى السرعة على حالها متسارعة كانت او متباطئة او متساوية

## الفصل الثاني

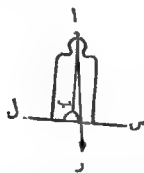
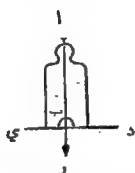
### في حركة الاجسام الساقطة الى الارض

٦٧ اذا سقط جسم من علو ما فيمر على خط مستقيم الى جهة مركز الارض لان جاذبية الارض تفعل الى جهة المركز كما مر ويتضح ذلك من انه اذا علقنا جسماً كرصاصة بمخيط نرى خيط الرصاصة يتجه الى نحو مركز الارض وعلى هذا المبدأ قد اصطنع ميزان البناء ليعرف به ان كان حائط البناء منجهاً على استقامة الى نحو مركز الارض ام لا. والفائدان ايضاً كما نرى (شكل ١٧) الذي يوضع سطح اسفله منطبقاً على سطح



مستوي يعرف ان كان افقيًا ام لا . لان خيطه ارالمعلق به الرصاصة راذ

شكل ١٧



ينجه الى نحو مركز الارض

لا بد ان يكون عمودياً

على السطح ان كان افقيًا

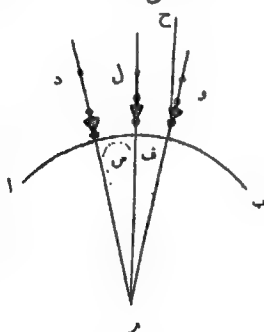
مثل د ي ( رقم ٥٤ )

فيمطبق حيثئذ على خط

الفادن ا ب المرسوم من نقطة تعليق الخيط عمودياً على سطح اسفله المنطبق على السطح د ي . وان لم يكن السطح افقيًا مثل س ل فلا ينطبق الخيط ار على خط ا ب لان ا ب عمودي على ل س المنطبق عليه قاعدة الفادن وهو ليس بافقي . فمن انطباق خيط الفادن على خط ا ب او من ميله عنه يعرف هل السطح افقي ام لا

ثم لا تقع خيطان ميازين او فوادن بعيدة بعضها عن بعض متوازية لكونها نتيجة نحو المركز فتلتقي اذا اخرجت عنده كما في هذا الرسم . ليكن ا ب

شكل ١٨



جزءا من سطح الارض ومركز المركز

فالميازين د ل و نتيجة الى نحو

المركز وتلتقي هناك فلا يمكن

ان تكون متوازية لان الخطوط

المتوازية لا تلتقي ولو اخرجت

الى غير نهاية . ومقدار الميل عن

التوازي يكون لكل ميل جغرافي

دقيقة على دائرة عظيمة كخط

الاستواء . فاذا فرض قوس فس

ميلاً واحداً اجعل خط ح ف موازياً س ل تكون زاوية ح ف واول هو

دقيقة لكون ف م قياس زاوية ل م و والميل الجغرافي على سطح الارض  
يساوي دقيقة

٦٨ ان كل الاجسام خفيفة كانت ام ثقيلة كبيرة ام صغيرة  
اذا سقطت من علو واحد تكون سرعتها واحدة وبالضرورة  
تصل الى الارض في وقت واحد

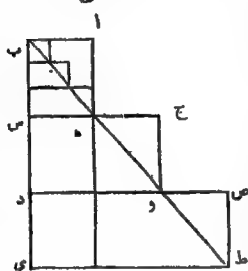
وذلك لان جاذبية الارض تفعل في جميع الدقائق على التساوي فتتغير  
قوة الجاذبية كتغير المادة اي اذا كانت مادة جسم ضعف مادة اخرى تكون  
قوة الجاذبية الفاعلة فيضعف الفاعلة في الاخر او ثلثة اضعاف فتثلثة اضعاف  
وهلم جرا . وانه لا مر واضح انه اذا تغيرت القوة كتغير المادة تبقى السرعة  
واحدة كما تقدم في الكلام على القوة (رقم ٦٦) . وبما ان قوة الجاذبية تتغير  
كتغير المادة كما سبق القول فسرعة الاجسام الساقطة ولئن اختلفت في  
الثقل او المقدار هي واحدة . ولما كان الوقت في حركة الاجسام الساقطة  
يساوي اليين على نصف السرعة الاخيرة كما سياتي فاذا مر اجسام متساوية  
السرعة في ايمان متساوية تكون الاوقات المتقضية لمرورها في تلك الايمان  
متساوية واذا ابتدأت ان تتحرك في زمن واحد من علو واحد في بين ما  
تصل الى نهايته في وقت واحد

وانما اذا اعترض لماذا اذا سقط قطعة رصاص وريشة معا من علو  
واحد لا يصلان الى الارض في وقت واحد . فالجواب ان مقاومه الهواء  
للريش تغلب على قوة الجاذبية الفاعلة فيه اكثر مما تغلب على الرصاص  
لكون ثقله النوعي اقل جدا من ثقل الرصاص النوعي كما مر . ودليله انك  
اذا وضعت ريشة ورصاصة معا في زجاجة مستطيلة قد تفرغ منها الهواء بالآلة  
المفرغة وقلبت الزجاجة لتسقط نراها يصلان الى اسفل الزجاجة في وقت  
واحد . بخلاف ما اذا كانت الزجاجة مملنة هوا فحيشة لا يكون كذلك

٦٩ الاجسام الساقطة من علو ما يتزايد بينها كربع الوقت

ولبرهان ذلك لنفرض ان جمماً سقط من علو وفي نازلاً ثلاث ثوان

شكل ١٩



الى ان وصل الى الارض . ولنفرض ان

سرعته في الثانية الاولى واحد . ولنبدل على

سرعته الناجمة عن الجاذبية بخط ا ب في

هذا الرسم وعلى الثانية الاولى بخط ب س

فبدل بمساحة الشكل ا س على اليمين في

الثانية الاولى لما مر ( رفق ٦٣ ) . فاذا بطل

فعل الجاذبية بعد ان حركت الجسم في بدائة

الثانية الاولى فلا يخفى انه بالاستمرار يبقى

الجسم يتحرك بسرعة متساوية . واذا حسبنا ان س د الثانية الثانية ود ي

الثالثة فعند نهاية الثالثة يدل على اليمين بشكل اي . واذا فرضنا ان الجاذبية

فعلت في بداية الثانية الثانية بعد ان بطلت الى اخر الاولى يكتسب الجسم

سرعة ج ه فوق استمراره بسرعة ا ب ا و س ه ويمر بين يدل عليه بمسطح

ج د . وهكذا في الثانية الثالثة يمر الجسم بين يدل عليه بمسطح ص ي .

فتكون هذه الايام ا س ج د ص ي مجموعها يدل على اليمين الذي مر

فيه الجسم بذلك ثواني اذا كانت الجاذبية تفعل في اول كل ثانية وتبطل الى

نهايتها . ولكن بما ان فعل الجاذبية متصل في كل لحظة من كل ثانية

لنفرض اننا نقسم الثواني ب س س د دي اقساماً صغيرة الى غير نهاية

الى ان تصل النقط بين ب وي فواضح ان المثلثات ا ب ه ج ه و ص و ط

ثلاثي وتصبح نقطاً في خط ب ط كما يرى في خط ب ه ( شكل ١٩ ) وحينئذ

يدل على اليمين الذي يمر به الجسم في مدة ثلاث ثوان يثلث ب ط ي القائم

الزاوية وعلى الوقت بخط ب ي وعلى السرعة الاخيرة بخط ي ط . وبما ان

### المثلثات المتشابهة كمربعات اضلاعها

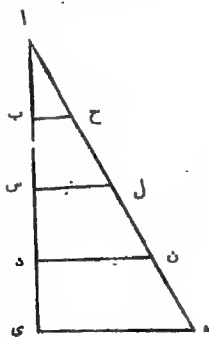
فمثلث ب س هـ : مثلث ب د و :: ب س : ب د والمثلثان المذكوران يدل اولهما على اليين في الثانية الاولى وثانيهما على اليين في الاولى والثانية ولا يخفى النسبة بين ب س هـ وب د ي ط فمن النسبة المذكورة يتجى ان اليين يتغير كمربع الوقت. وواضح ايضا ان الاوقات تتغير كالسرعة لان المثلثات المتشابهة اضلاعها المتناظرة متناسبة فنسبة ب س : ب د :: س هـ : د و . وان اليين يتغير كمربع السرعة لأن ب س هـ : ب د و :: س هـ : د و وهكنا مها تعددت المثلثات بتعدد الثواني يتبين لنا ان اليين يتغير كمربع الوقت او كمربع السرعة والوقت كالسرعة

٧٠ لما كانت الايمان التي يمر بها جسم ساقط تزداد كمربعات

الاوقات تكون حركته متسارعة بقوة الجاذبية الدائمة

فان سقط جسم من حال السكون في اوقات يدل عليها اب ب س

شكل ٢٠



س د د ي كما في هذا الرسم ( شكل ٢٠ )

وفرضنا اب - ا و اس - ٢ و اد - ٢ و

اي - ١٤ الخ اي ٤٢٢١ الخ فالايان الممرور

بها المدلول عليها بمثلث اب ج و اس ل و

اد ن و اي هـ - ٦٩٤١ الخ والايان الممرور

بها في الثانية الاولى والثانية والثالثة والرابعة

يدل عليها بهذه الاعداد الوترية ١٧٥٢١ الخ.

وبما ان المدققين في هذا الفن قد عرفوا من

امتحان مدقق ان الجسم يمر في الثانية الاولى

١٦ ١/٢ قدم فموجب الاعداد الوترية يمر في الثانية الثانية ١٦ ١/٢ وفي

الثالثة ٥  $16\frac{1}{2} \times$  الخ . فدوام فعل الجاذبية يجعل حركة الجسم الساقط متسارعة كما ترى

٧١ ثم كما ان الجاذبية تحدث حركة متسارعة لاجسام ساقطة تحدث حركة متباطئة لاجسام صاعدة اذ تفعل ضد حركتها

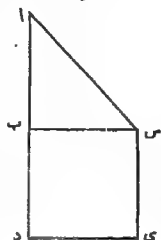
اذا رُمي جسم الى فوق بنفس السرعة الاخيرة التي يكتسبها بالجاذبية لو هبط من علو ما في وقت تاخذ سرعة القوة الدافعة بالتناقص بمضادة الجاذبية نفسها في حال الصعود الى ان ثلاثي عند نهاية العلو في نفس الوقت فيرجع هابطا ويكتسب السرعة التي رُمي بها

مثال: اذا رُمي جسم الى فوق بسرعة ما وبقي مدة ٤ ثوانٍ فالين الذي يصل اليه يقتضي ان يكون  $16\frac{1}{2} \times 4 = 64$  لان الجاذبية تنزل في هذا الين في ٤ ثوانٍ لكي تكسب تلك السرعة التي رُمي بها فيقتضي ان تخسر اياها في صعوده في هذا الوقت وفي هذا الين . وذلك يتضح من النظر الى (شكل ١٩) فاذا رُمي جسم بسرعة ط ي وهي السرعة الاخيرة التي اكتسبها في مدة ٢ ثوانٍ فبصعوده الى ان ثلاثي سرعته ط ي بمضادة الجاذبية بدل على الين بشكل ا ب ي ط ص ج اذا صادته في اخر كل ثانية ولكن لكونها دائمة تزول الدرجات عند ص و ج وا ويدل على الين الذي صعد فيه الجسم بمثلث ب ي ط كما اشرنا (رقم ٦٩)

٧٢ الين الذي يمر به جسم ساقط من حال السكون في وقت ما بفعل الجاذبية هو نصف الين الذي يمر به لو تحرك على السرعة الاخيرة في كل الوقت المفروض

ليدل مثلث ا ب س على الين الذي يمر به جسم بفعل الجاذبية في

شكل ٢٢



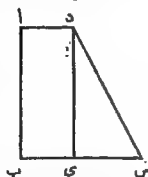
الوقت ا ب . وليكن ب س السرعة المكتسبة  
الاخيرة . اخرج ا ب الى د واجعل ب د = ا  
ب وتم شكل ب ي . فان تحرك جسم حركة  
متساوية في الوقت ب د المساوي ا ب بسرعة  
ب س يدل على البين الذي يمر به بشكل  
ب ي ( رقم ٦٣ ) الذي نصفه ا ب س . انا البين  
الممرور به بحركة متسارعة في وقت ا ب هو نصف  
الممرور به في ذات الوقت ب د بسرعة متساوية

فاذا بطل فعل الجاذبية على جسم ساقط في آخر الثانية الاولى وبقي  
الجسم متحركا بالاستمرار بالثانية الثانية بين هو ضعف البين في الثانية  
الاولى اي  $\frac{1}{2} \times ٢٢$  فيجب هذا العدد السرعة في آخر الثانية الاولى

٧٢ البين الذي يقطعه جسم مرتحم الى اسفل بسرعة مفروضة  
في وقت يساوي مجموع البين الذي يجتازه بحركة متساوية بهذه  
السرعة والبين الذي يسقط فيه الجسم من حال السكون بفعل  
الجاذبية في الوقت نفسه

لدل ا د ( شكل ٢٢ ) على سرعة الرمي المفروضة و ا ب على الوقت

شكل ٢٢



المفروض وكل الشكل ا ي . ثم اخرج ب ي الى  
س واجعل ي س للدلالة على السرعة الناتجة عن  
الجاذبية في الوقت ا ب او دي وارسم د س . فالجسم  
المتحرك بقوة الرمي فقط يسير بالاستمرار في بين يدل  
عليه بشكل ا ي في وقت ا ب . وانما التحرك بالجاذبية  
وحدها يمر في بين يدل عليه بثلاث د ي س ( رقم ٦٩ ) . فالتحرك بكليهما

معاً يدل على بينه الذي يستط فيه بالمخرف ا س

٧٤ لنين ان الين يتغير كمرع الوقت بطريقة جبرية فلنفرس س السرعة في اخر الثانية الاولى . فلان الجسم يتندي بالحركة من حال السكون تكون سرعته في اول الثانية الاولى صفراً اذا  $\frac{v}{r} + \frac{v}{r} -$  معدل السرعة والوقت  $X$  السرعة - الين . فلنفرس الين في الثانية الاولى - ب فيكون لنا ب -  $X$   $\frac{v}{r} + \frac{v}{r} - \frac{v}{r}$  فتكون س - ٢ ب . واما اذا بطل فعل الجاذبية ونحرك الجسم بالاستمرار فقط في اخر الثانية الاولى او في اول الثانية الثانية تبقي سرعتها في اخرها س ولكنه يكتسب بالجاذبية في الثانية الثانية س ايضا فتكون سرعته في اخرها ٢ س . ولكن بما انه ابتدا فيها بسرعة س يكون معدل سرعته فيها -  $\frac{v}{r} + \frac{v}{r} - \frac{v}{r}$  اضرب هذه العبارة في الوقت وهو واحد يكون لنا الين في الثانية الثانية فتبقى  $\frac{v}{r}$  وبالتعويض عن س بقيمة ٢ ب يكون الين فيها ٢ ب اي ثلاثة اضعاف بين الثانية الاولى . وهكذا يبرهن ان الين في الثانية الثالثة خمسة اضعاف الاولى وفي الرابعة سبعة الخ وتكون الايمان على ترتيب هذه الاعداد الوترية ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ الخ . ثم لان الين في الاولى - ١ وفي الثانية - ٢ فيكون الين في الثابنتين معاً - ٤ . وبما ان الين في الثالثة ٥ اضعاف الاولى فيكون مجموع الثلاثة ٩ . وهكذا بين ان مجموع الايمان في الاربعة ٦ وفي الخمسة ٢٥ وهلم جرا ويكون ترتيبها هكذا ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ الخ . فاذا الين يتغير كمرع الوقت

٧٥ في كيفية استعمال الين والسرعة والوقت لاجسام ساقطة او صاعدة . لكي نجد الين الذي يمر به جسم صاعد اوهابط بقرب سطح الارض يقتضي ان يعرف الين الذي يمر به جسم في الثانية الاولى لكي يعتمد عليه . وقد وجد بالامتحان المدقق كما

سبق القول ان جما ساقطاً في خلايم في الثانية الاولى في  
عرض نحو  $٤٠^\circ$  بفسحة =  $١٩٣٢١٤$  عقدة =  $١٦٠٩٥$  قدم  
والمعتمد عليه بين اهل الفن لمرور جسم في الهواء في الثانية الاولى  
هو  $١٦\frac{1}{2}$  قدماً

شكل ٢٣  
فلنفرض البين المدلول عليه بثلاث ا ب س هو  
البين المذكور. ا ب - آ وهي الثانية الاولى  
ج -  $١٦\frac{1}{2}$  البين في الثانية الاولى المدلول عليه  
بثلاث ا ب س  
ج -  $٣٣\frac{1}{2}$  السرعة في اخر الثانية الاولى المدلول  
عليه بخط ب س (رقم ٧٢)

ب - البين لوقت مفروض المدلول عليه بثلاث ا د ي  
و - الوقت المفروض المدلول عليه بخط ا د  
س - السرعة في اخر الوقت المفروض المدلول عليها بخط د ي  
فمن مشابهة المثلثات لنا هذه النسب

ب : ج :: و : ا	(١)	وبالتحويل	و - $\frac{١}{٦٠}$
ب : ج :: س : ا (ج)	(٢)		س - $\frac{١}{٦٢}$ ج ب
و : ا :: س : ا ج	(٣)		و - $\frac{١}{٦٢}$
وبتحويل	(١)	يكون لنا	ب - ج و
	(٢)		ب - $\frac{١}{٦٤}$ ج
	(٣)		س - ج و

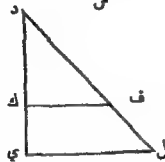
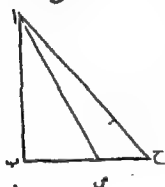
٧٦ اذا تغيرت قوة الجاذبية بسبب اختلاف علو الاجسام  
عن مركز الارض او بسبب هبوطها على سطح مائل كما سياتي او



غير ذلك يتغير البين كتغير القوة

ايضاح ذلك . ليستط جسم من د قرب سطح الارض في بين يدل

شكل ٢٤



عليه بثلاث د ي ل في ثانية واحدة يدل عليها بخط د ي . فيكون خط ي ل دالاً على السرعة في اخر تلك الثانية و  $\frac{1}{2}$  ي ل - معدل السرعة كما تقدم . ثم ليهبط الجسم من مكان اعلى مثل ا بحيث تختلف قوة الجاذبية لاختلاف البعد عن المركز . ولنفرض انه في ثانية واحدة مر بين مدلول عليه بثلاث ا ب س . فيكون ا ب دالاً على ثانية واحدة و ب س على السرعة الاخيرة . و  $\frac{1}{2}$  ا ب س - معدل السرعة لمبوطه

من ا . اخرج ب س الى ح حتى يساوي ي ل واصل بين ا وح فلان ا ب - د ي لكون كليهما يدلان على ثانية و ب ح - ي ل وزاوية ا ب ح - د ي ل فهماثل ا ب ح - د ي ل . ثم البين ا ب س : البين ا ب ح او د ي ل :: ب س : ب ح ( اقليدس ق ١ ك ٦ ) اي ان البين يتغير مثل السرعة مع بقاء الوقت في الحركة المتسارعة كما يتغير في الحركة المتساوية ( رقم ٦٣ ) والقوة تتغير كالسرعة مع بقاء الوقت والمادة في الحركة المتسارعة كما في المتساوية ( رقم ٦٦ ) لان بين الاولى نصف بين الثانية ابداً مع بقاءها كما ان المثلث نصف المستطيل على قاعدة تساوي قاعدته ( رقم ٧٢ ) والمثلث والمستطيل المذكوران يتغيران كعلوها المحسوب سرعة فالقوة تتغير كالبين مع بقاء الوقت والمادة . وبما ان تغير المادة لا يجعل فرقاً بسرعة الاجسام في الجاذبية ( رقم ٦٨ ) فلا يلتفت الى تغييرها فالقوة تتغير كالبين مع بقاء الوقت

٧٧ ثم ان الوقت مع بقاء البين يتغير كجذر القوة بالقلب

ارسم ك ف موازيًا ي ل (شكل ٢٤) بحيث يجعل مثلث د ك ف -  
 اب س (أقل س ك ٦) فالجسم الساقط من د يدل على الوقت الذي فيه  
 سقط بين د ك ف بخط د ك. ولكن المثلث د ي ل : د ك ف :: د ي :  
 د ك كما تقدم او د ي ل : د ك ف :: د ي : د ك. ومن حيث ان  
 د ي - اب وقت الجسم الهابط من ا و د ك وقت الجسم الهابط من د و  
 د ك ف - ا ب س فبالتعويض في النسبة تصبح د ي ل : د ك ف :: ا ب س :  
 اب : د ك ف جذر الايان يتغير بالقلب كالوقت. وقد تقدم قبيل. هذا ان  
 القوة تتغير كالين او جذر القوة كجذر البين. فاذا جذر القوة يتغير بالقلب  
 كالوقت مع بقاء البين متساويًا للجسمين او القوة بالقلب كربع الوقت.  
 وهكذا يبرهن اذا جعل بين الجسم الهابط من ا - د ي ل

سوالته للتمرين

س<sup>١</sup> في كم من الوقت يقتضي يهبط جسم من علو ميل (٥٢٨٠ قدمًا)  
 ويصل الى الارض ج ١٨٤١٢

س<sup>٢</sup> بسرعة كم قدم في الثانية يجب ان يرمى جسم لكي يصل الى علو ٢٠٠  
 قدم ج ١١٢٤٢ قدم

س<sup>٣</sup> اذا كانت سرعة جسم ٢٠٠ قدم في الثانية عند وصوله الى الارض  
 ففي كم من الوقت يسقط ج ٦٢٣٢٦

س<sup>٤</sup> اذا بقي المطر ساقطًا ١٢ بعد ظهور البرق الى ان وصل الى الارض  
 فكم قدمًا يكون علو الغيم ج ٢٣١٦ قدمًا

س<sup>٥</sup> اذا أطلقت رصاصة من بارودة بسرعة ١٢٥٠ قدمًا في الثانية فكم  
 قدمًا تصعد ج ٢١٦٧ قدمًا و ١٦٧

س<sup>٦</sup> ان سقط جسم في نصف ثانية الى الارض فما هي السرعة التي يضرب  
 بها الارض ج ١٦ ١/٢ قدم في ا

س<sup>٢</sup> اذا سقط جسم من ا وعند وصوله الى ب سقط شكل ٢٥  
 جسم اخر من س فاذا التقيا عند ل فاهي العبارة الجبرية  
 لمعرفة س ل اذا فرض ا ب وب س  
 لنفرض ا ب - د (شكل ٢٥) وب س - ج وس ل  
 - ك فخط ال - د + ح + ك وقت نزول جسم من س  
 الى ل هو  $\frac{ك}{ج}$  ونزول جسم من ال الى ل هو  $\frac{د+ح+ك}{ج}$  ونزول  
 الاول من ال الى ب -  $\frac{ك}{ج}$  فيكون وقت نزوله من ب الى ل  
 -  $\frac{د+ح+ك}{ج}$  -  $\frac{ك}{ج}$  -  $\frac{د+ح}{ج}$  . واما نزول الثاني من س الى ل  
 فساو وقت نزول الاول من ب الى ل فيكون لنا  
 $\frac{د+ح+ك}{ج}$  -  $\frac{ك}{ج}$  -  $\frac{د+ح}{ج}$  =  $\frac{ك}{ج}$  وبالتحويل ك -  $\frac{د+ح}{ج}$  اي ان  
 البين الذي

يهبط فيه الجسم الثاني قبل ان يلتقيا يعدل مربع البعد بينها اذ ابتدا الثاني  
 بالسقوط منسوماً علي اربع مرات البين الذي نزل فيه الاول قبل ان سقط  
 الثاني

شكل ٢٦

س<sup>١</sup> فاذا كان برج علوه من ب الى ي (شكل ٢٥) ٢٠٠٠  
 قدم وعليه راية علوها ب ا - ٢٦ قدماً وفي البرج شباك عند  
 س تحت سطح البرج ٤٤ قدماً واسقط حجر من اعلى الراية  
 وحين وصوله الى السطح اسقط حجر اخر من الشباك فكم  
 يكون علو مكان التقائهما عن اسفل البرج ج ١٢٧٠٢٨٥  
 س<sup>٢</sup> سقط جسم من د ووقت بدائة سقوطه ري جسم  
 اخر من ب الى فوق لجهة د بسرعة تتحمله الى ا والتقيا في س  
 فاهي العبارة الجبرية لمعرفة د س اذا فرض ا ب وب د ب  
 لنفرض ا ب - ح وب د - ل وس د - ك فتكون  
 ا د - ج - ل واس - ج - ل + ك وقت السقوط من د

الى س -  $\frac{ك}{ج}$  ووقت صعود الجسم الثاني من ب الى س - وقت سقوطه  
 من الى ب الا وقت سقوطه من الى س -  $\frac{ج}{ج} - \frac{ج - ل - ك}{ج}$  وانما  
 صعود الجسم الاسفل من ب الى س - هبوط الاعلى من د الى س لانها  
 ابتدا في وقت واحد فاذا  $\frac{ك}{ج} - \frac{ج}{ج} - \frac{ج - ل - ك}{ج}$  وبالتحويل نصير  
 ك -  $\frac{ل}{ج}$

من<sup>١</sup> على راس برج علوه ١٦٠ قدماً وضع عامود راية علوه ٥٠ قدماً  
 وعند ما وقع جسم عن سطح البرج رُمي سهم بسرعة ترسله الى راس العامود  
 فعلى كم قدم من سطح البرج يصيب السهم الجسم ج ٢٠٢٤٧٦ قدماً  
 تنبيه . يفرض في التواعد السابقة ان الاجسام تسقط من اعالي قرية  
 الى سطح الارض . فاذا زاد البعد عن الارض تقل الجاذبية كازدياد مربع  
 البعد فتقل القوة الناتجة عنها ولا يعود الجسم بهبط  $\frac{١}{١٦}$  قدم في الثانية  
 الاولى من هبوطه وانما على بعد قريب من الارض الفرق بقوة الجاذبية بزيادة  
 العلو لا يشعر به فلا يلتفت اليه عند استعمال التواعد . لان الجاذبية على  
 علو نصف ميل من سطح الارض تنقص نحو  $\frac{١}{٤٠٠}$  عنها على السطح (رقم ٢٢)  
 واعلم ان اليين في سقوط الاجسام يساوي حاصل الوقت في نصف السرعة  
 الاخيرة كما ان مساحة المثلث تساوي علوه في نصف قاعدته

## الفصل الثالث

### في تركيب الحركة وحلها

١٧٨ اذا كانت القوة المحركة جسمًا واحدة سميت حركته بالمفردة.  
 واذا كانت اكثر من واحدة فاعلة على جهات مختلفة سميت

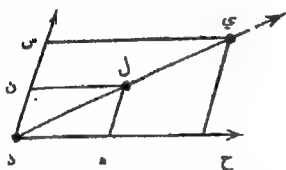
مركبة. ثم ان دامت القوة تحرك جسمًا بقوة الجاذبية سميت بالمتصلة والافهي المنقطعة وان كانت الحركة على خطٍ مستقيم فهي المستقيمة والافهي المنحنية. وقد تقدم الكلام على الحركة المفردة بقوة منقطعة كدفع جسم الى جهة ما وبقوة متصلة كقوة الجاذبية الفاعلة في جسم ساقط. واما القوتان الفاعلتان بجسم الى جهة واحدة او الى جهتين متقابلتين فهي كالقوة المفردة وسرعة الجسم الفاعلة هي به تساوي مجموع السرعات التي تحدتها كل واحدة بمفردها غير انه عند الجمع يجب الانتباه الى الايجاب والسلب لانه اذا كانت علامة قوة ايجابيًا تكون علامة التي تقابلها سلبًا وبالعكس. والان لننظر الى الحركة المركبة المسببة عن فعل قوتان متصلة او منقطعة الى جهات مختلفة

٧٩ اذا تحرك جسم بقوة منقطعة الى جهة ما فلا بد ان يتحرك بسرعة واحدة في خطٍ مستقيم كما اشرنا في الكلام على الاستمرار. وذلك لان القوة المحركة واحدة ولا تحركه الا الى جهة واحدة. ولان القوة تتغير كالسرعة مع بقاء الجسم على حاله يعبر بخط سرعة جسم فعلت فيه قوة عن القوة نفسها. واذا تحرك بقوتين منقطعتين الى جهتين مختلفتين وعبر عن القوتين بضلعي شكل متوازي الاضلاع كل منها يدل على سرعة قوته في واحد من نفس نوع

الوقت فالجسم يجري في قطر ذلك المتوازي الاضلاع الذي يرسم من نقطة تقاطع الضلعين وذلك القطر عبارة عن سرعة قوة في واحد من ذلك النوع من الوقت وتلك القوة هي نتيجة القوتين المركبتين ولذلك تسمى القوتان مركبتين والقطر نتيجتهما

ولبيان ذلك لنفرض ان الجسم د فعلت به قوة في جهة خط د ح تحركه في ثانية واخرى دفعت في جهة د س بسرعة د س في ثانية فبان القوتين فاعلنان في د ح ود س

شكل ٢٧



لا يجري في د س ولا في د ح بل بينهما في خط د ي بحيث يكون البعد د س على جهة د ح او على موازاته - د ح والبعد د ي ج على

جهة س د - س د لان القوتين قد اثرتا في حركته معاً . ثم لان الجسم يسير في نصف ثانية بالقوة الاولى في د ه الذي هو نصف د ح لا بد ان يصل الجسم في نصف ثانية الى ل بحيث يكون ل ن يوازي د ه ويساويه . ول ه يوازي ن د الذي هو نصف د س ويساويه ايضاً . ون ه شكل متوازي الاضلاع ونسبة ن ل : ل ه :: س ي : ي ح فتنقطة ل هي في القطر المستقيم د ي ( اقليدس ق ٢٦ ك ٦ ) وهكذا اذا قسمنا د ح ود س الى اقسام صغيرة الى غير نهاية حتى يصير كل من الاقسام كنقطة فالجسم في كل نقطة يستمر متحركاً في د ي اي يسير في ثانية في قطر شكل متوازي الاضلاع ضلعاؤه المتوازيان بناسبان سرعتي القوتين . وبالنسبة الى خط

دي في نفس الوقت الذي يمر في د ح بالقوة الاولى او في د س القوة الثانية  
مها فرض الوقت

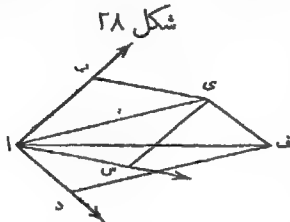
٨٠ لما كان د س و د ح (شكل ٢٧) خطين يدلان على القوتين  
المحركتين في جهتي د س و د ح و د ح - س ي فالخطان د س و س ي  
من مثلث د س ي يدلان ايضا على القوتين او سرعتيهما والزاوية د س ي  
- ١٨٠° س د ح والخط الثالث دي من المثلث المذكور د الأعلى الحركة  
المركبة اذا دُلَّ على سرعة قوة بخط مثلث وعلى سرعة اخرى بخط اخر  
منه وتعينت كمال الزاوية بينهما فالجسم يتحرك بالخط الثالث من المثلث  
اذا عدلت القوة د س القوة د ح (شكل ٢٧) فالجسم اذ يجري بالقوتين  
ينصف الزاوية د بينهما لان س دي حيثئذ تساوي س ي وهذه تعدل  
ي د ح فاذا س دي - ي د ح

ثم من ذلك يبين ان الاجسام الارضية تجذبها الارض الى نحو مركزها .  
لانه اذا توهمنا رسم سطح مستوي من جسم فوق الارض يقطعها الى نصفين  
بمروره في مركزها ورسم خط فيه يمر بالمركز فالخط ينصف الدائرة القاطعة  
الارض من السطح المذكور وجميع الدقائق في السطح على الجانب الواحد من الخط  
تساوي الدقائق فيه على الجانب الاخر ولكل دقيقة على جانبي الواحد دقيقة  
واحدة فقط مثلها تقابلها على الجانب الاخر على بعد واحد منه واذا رسم  
خطان بين كل منها والجسم فالزاوية بين خط المركز واحدها تعدل الزاوية  
بينه وبين الاخر (اقل ق ٨ ك ٢) . ولما كانت الجاذبية تفعل على خطوط  
مستقيمة فقوتنا جذب كل دقيقتين للجسم على جانبي خط المركز تسير به بينهما  
بحيث تكون الزاوية بين مسيريهما واحداها تساوي التي بينه وبين الاخرى فخط  
مسيره هو الخط المار بالمركز

٨١ اذا فعلت في جسم ثلاث قوات او اكثر فالجسم يتحرك

في خط يتم الشكل الكثير الاضلاع اذا دلت بقية اضلاعه على القوت المعينة مرسومة في الجهات المعينة للقوات

مثاله لنفرض ان جسماً عند ا فعلت فيه ثلث قوت اب عبارة عند احداها واس اوب ي عبارة عن الثانية واد اوي ف عبارة عن الثالثة فالجسم يتحرك في خط اف .



ثم الشكل ب س و ا رسم النظر اي فبا لقوتين اب واس يتحرك الجسم في خط اي وباجتماع اد مع اي ثم الشكل دي فالجسم يتحرك في النظر اف (رقم ٧٩).

فقد دُلَّ بالخطوط اب وب ي و ي ف على القوت الثلث وجهاتها فالجسم تحرك في الخط اف الرابع من الشكل ذي الاربعة الاضلاع اب ي ف وهكذا اذا كان الشكل ذا خمسة وما فوق

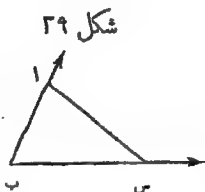
٨٢ اذا تحرك جسم بقوتين او اكثر في وقت واحد وفعلت به قوة تعادل نتيجة القوتين او القوت وضد جهتها يسكن الجسم . لانه بمضادة نتيجة القوت تضاد القوت جميعها وبما انه يتساوى الضدان على جهتين متقابلتين تلاشي احداها الاخرى وتكون الحركة صفراً اي لا يكون حركة . وبالنسبة اذا زادت المضادة على جهة ضد نتيجة القوة يجري الجسم على جهة القوة المضادة بمقدار الفرق بينها او نقصت يجري على جهة نتيجة القوت



بمقدار الفرق بينهما

مثالة اذا ضاقت قوة تساوي دي الناتجة من قوتي د س و س ي (شكل ٢٧) وعلى جهة ي د ا ي ضد جهتها فالجسم يسكن عند د لانه اذا تساوت القوتان المتضادتان فاحدهما تحق الاخرى فلا تظهر حركة . ومثل ذلك اذا ضاقت جسمًا عند ا (شكل ٢٨) قوة تساوي اف نتيجة الثلث قوات المذكورة هناك وضد جهتها فالجسم يسكن لما مر . وبالاجمال اذا غير باضلاع شكل مستقيم الاضلاع عن قوات تسلط على جسم وكانت احدها تضاد الجهة التي يقتضي ان تكون عليها لو كانت نتيجة بقية القوات يسكن الجسم . وبالنتيجة اذا هدا جسم بثلاث قوات ورسم مثلث على جهاتها مها كانت اطوال اضلاع المثلث فتلك الاضلاع عبارة عن القوات ونسبة بعضها الى بعض كنسبة القوات بعضها الى بعض

٨٣ اذا فرضت القوتان المركبتان مع زاوية من زوايا المثلث الدال على المركبتين ونتيجتهما . او احدي المركبتين مع زاويتين منه تعرف النتيجة من حساب المثلثات



مثالة اذا فرضت قوتا ب ا و ا س (شكل ٢٩) وزاوية ب ا س وهي كال الزاوية التي نجعلها ا س مع ا ب عند ب تعرف ب س النتيجة وجهتها ب س بحساب المثلثات . وهكذا اذا فرضت احدي القوتين المركبتين مع زاويتين تعرف النتيجة

٨٤ اذا عينت القوات المركبة التي عددها يزيد على اثنتين

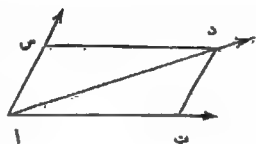
وجهاتها تعرف النتيجة بحساب المثلثات

لانه اذا فرض اب وب ي وي ف (شكل ٢٨) وزاويتا ا ب ي وب ي ف يعرف خط اي الذي يدل على القوة الناتجة من قوتي اب وب ي. وتستعمل زاوية ب ي ا ثم من اي وي ف وزاوية اي ف التي تساوي ب ي ف - ب ي نستعمل ان نتيجة القوتان التلت. اي اذا عينت ثلث قوتان وتعينت زوايا القوتان يعرف المخط الدال على القوة الرابعة من الضلع الرابع من الشكل الكثير الاضلاع ذي الاربعة وهكذا العمل في كل شكل كثير الاضلاع فوتي ذي الاربعة

٨٥ اذا فرضت قوتان والزاوية بينهما فهاك عبارة خصوصية

لمعرفة نتيجتهما

شكل ٢٠



لكن اس عوض ق (شكل ٢٠)

احدي القوتين المركبتين واب عوض ق الاخرى واد - ن نتيجتهما وزاوية س اب - ح ثم بحساب المثلثات والمهندسة اد - اس + د + اد س

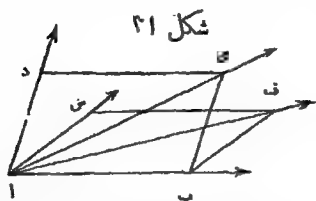
X س اب ج ا د او

ن - ق + ق + ق + ق - ا ق ق - ج ا ذ ان - (ق + ق + ق + ق + ق + ق - ج ح) اي ان نتيجة قوتين بعلان عند نقطة واحدة تساوي الجذر المائي من مجموع مربعي القوتين مع مضاعف حاصلها مضروباً في نظير جيب الزاوية بينهما

٨٦ ان اختلاف الزاوية بين قوتين مركبتين يغير قيمة

النتيجة فبازداد الزاوية من ٠° الى ١٨٠° تناقص النتيجة من مجموع المركبتين الى فضلتهما

ففي هذا الرسم (شكل ٢١) لتكن س ا ب و د ا ب زاويتين مختلفتين



شكل ٢١

بين قوتين مركبتين لا يتغيران

اس (او اد) و ا ب . و لا

كان س ا ب اصغر من

د ا ب فكلما ا ب ف اعظم

من ا ب ي. كمال د ا ب

فخط ا ب ف اعظم من ا ي. واذا تناقصت س ا ب الى ان تصل الى  $90^\circ$  فالجانبان

ا ب ب ف يصيران خطاً واحداً مستقيماً مجموعهما ا ب فاذا ازدادت د ا ب

الى  $180^\circ$  تقع ا ي على ا ب و ا ي حيثئذ يساوي الفضل بين ا ب و ا س .

ويصح ان تكون النتيجة ا ي كمية فرضت بين المجموع والفضل

٨٧ المربعات. اذ ا رُمي جسم بقوة في جهة غير عمودية على

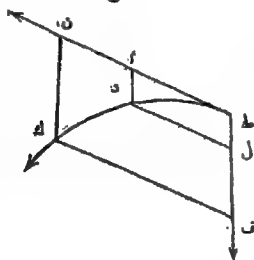
سطح الافق بان كانت الجهة موازية له او مائلة عليه تكون

حركته منحنية ويبر في خط شلجي

لانه بالاستمرار يتحرك بالقوة المنقطعة في خط مستقيم ولكن بقوة

المجاذبية المتصلة يميل في كل لحظة عن خط مستقيم فيبر في منحنى شلجي كما

شكل ٢٢



سنيينة

لفرض جسم ا رُمي من ط بقوة

توصلة الى ن في نفس الوقت الذي فيه

يصل بالمجاذبية الى ف. كمل المتوازي

الاضلاع ط ك فبالحركتين معاً

يصير الجسم اخيراً الى ك. لتكن ت

عبارة عن وقت مروره في ط ن او

ط ف و ت عبارة عن الوقت الذي يقتضي لمروره في ط م فلانه مدة حركته  
 في ط ن يتغير الوقت كالين ببقاء السرعة على حالها تكون  
 ط ن : ط م :: ت ت أو ط ن : ط م :: ت : ت  
 ولكن بحسب (رقم ٦٩) ط ف : ط ل :: ت : ت  
 فاذا ط ف : ط ل :: ط ن : ط م  
 أو ط ف : ط ل :: ك ف : د ل

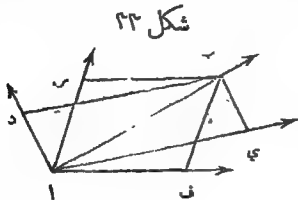
اذا في هذا المعنى ط ف هـ ك ف أي ان الفضلة بتغير ك م ربع المعين  
 بموجب حكم الشلبي . فالمعنى ط د ك شلبي احدا قطاره ط ف والمعدل  
 لذلك القطر  $\frac{ك ف}{ط ف}$  كما يستفاد من فن قطع الخروط . ولا يلتفت الى صد  
 الهواء لضعفه فبع صد الهواء يشعر بحركة الجسم المرمي في خط شلبي كما اذا  
 رُميت فتيشة في جهة غير عمودية على سطح الافق . ولكن اذا اريد التدقيق  
 الكلي بحسب صد الهواء . ولا عبرة بتغير الجاذبية باختلاف قليل في العلو  
 لما مر (رقم ٢٢) . واما البحث عن القواعد للاجسام المرمية فلا يناسب  
 المتنام فلتراجع في المطولات

٨٨ حل الحركة . في تركيب الحركات او القوت قد ذكرنا  
 الطرق التي بها تعرف نتيجة القوت اذا فرضت تلك القوت  
 المطلوب تركيبها . واما في حل القوت الان نلتفت الى الطرق  
 التي بها نتوصل الى العكس اي الى معرفة القوت المركبة اذا  
 فرضت النتيجة التي تتركب منها القوت

اذا سئل ماها القوتان اللتان تتركب منها النتيجة اب (شكل ٢٢)  
 فعلينا ان نصطنع فقط مثلًا مها كان على اب قاعدة مثل اب س او

اب د. ثم ان كانت اس احدى المركبتين فالأخرى اف التي تساوي  
ونوازي س ب . وان كانت

ادائها فالأخرى اي تعدل  
وتوازي د ب . وهكذا في اي  
مثلث كان على القاعدة اب .  
فعدد الأزواج التي تنبعث كل  
زوج منها اب هو غير متناه



ثم لك ان تفرض جهتي المركبتين هما شئت فتعينان اي تحصران في كبيتين مخفضتين. ولكن يشترط في فرضها ان تكون الزاويتان مع اب اقل من قائمتين . ولك ان نعين مقدار وجهه احدى المركبتين هما تشاء فتعين الاخرى

ولك ان تعين مقدار كل منها كما نشاء بشرط ان لا يكون الفضل  
بينها اعظم ومجموعها اقل من النتيجة المفروضة. وكل ذلك واضح من  
خصائص المثلث

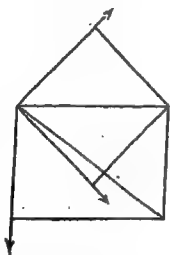
ثم اذا انحلت قوة الى قوتين اخريين تحل كل من هاتين الى اثنتين ايضاً  
وكل من هاتين الى اثنتين اخريين ايضاً وهلم جرا . فمن ذلك يظهر ان  
قوة مفروضة قد تحل الى مركبات مها كان عددها ينتهي الاقوال  
السابقة في تعيين الجهة والمقدار

٨٩ اذا اردت ان تحل قوة مفروضة الى ازواج قوتين  
ضلعي كل من الازواج زاوية مفروضة فارسم على القوة المفروضة  
قطعة دائرة يرسم فيها كمال الزاوية



س<sup>٢</sup> بلون صعد بسرعة ١٢٠ اذراعاً في الدقيقة وعثت به الريح فدفعته  
 بسرعة ٢٧٠ ذراعاً في الدقيقة فاية زاوية يجعل خط مره مع الخط المتسامت  
 وكم في سرعة في الثانية ج ٠٥٣ ' ١٦ ' ٢٨ السرعة - ١٩٢٦٥٩  
 س<sup>٣</sup> سافر مركب من جزيرة من جزائر الهند الى جهة جنوب الشرق بجنوب  
 (٢٣٠ ' ٤٥) بسرعة ٦ اميال في الساعة ثم حلة المجرى كان يجري في جهة  
 الجنوب الغربي (ميلة على خط المجرى ١٢ ١/٤ ' ٦٤). وفي نهاية ٤ ساعات  
 وصل الى ميناء على شاطئ جافا ووجد الجزيرة المذكورة الى جهة الشمال  
 المحض. مطلوب طول الخط الذي جرى عليه المركب خفيفة وسرعة المجرى  
 ج المجرى - ٢٦٢٤ ميل السرعة - ٢٢٧٠٢٤

شكل ٢٦

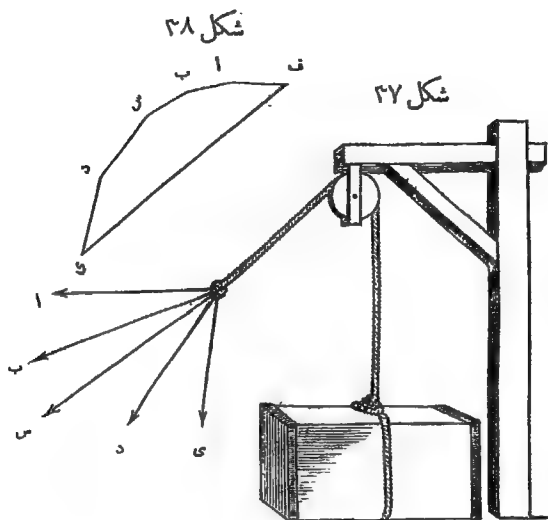


س<sup>٤</sup> ثلث قوات متساوية دفعت جسماً  
 وكانت الاولى عمودية على الثانية وبين  
 الثانية والثالثة زاوية ٤٥° فما في جهة النتيجة  
 وما في نسبها الى احدى القوات الثلاث  
 ج بينها وبين الاولى زاوية ١٦٢ ' ٨٠°  
 ونسبتها الى احدى القوات الثلاث :: ٣٦ : ١

س<sup>٥</sup> قارب قطع نهراً عرضه ١/٤ ميل في ٤٥ دقيقة والنهر يجري  
 بمعدل ثلاثة اميال فعلى اية زاوية يقتضي ان يدار القارب عن الخط العمودي  
 الذي يقطع النهر بالعرض لكي يقطع عمودياً بالعرض وما هو معدل سرعة  
 القارب في الساعة ج الزاوية ٢٤ ' ٧١ السرعة ٢٢١٦٢

س<sup>٦</sup> خمسة نوتية رفعوا ثقلاً بخمسة حبال مختلفة في في سطح واحد متصلة  
 بالحبل المربوط بالثقل كما ترى في (شكل ٢٧). وب يحسب ويجعل مع  
 ازاوية ٢٠° وس مع ب زاوية ١٩° ود مع س ٢٠ ' ٢١° وي مع د

٢٥°. واروب وس يسمحون بقوات متساوية. ود وي كل منها مرة ونصف



احدى الثلثة . مطلوب مقدار النتيجة وجهتها

ج زاويتها مع ا هي  $١٠' ٢٣'' ٤٦^\circ$  وكميتها  $٥٢١٩٥٧$  اضعاف ا  
اصطنع شكلاً مثل ( شكل ٣٨ ) اضلاعه تناسب القوات وزاوية  
ف ا ب - كمال الاول وهلم جراً واستعلم نتيجة القوات ي ف وزاوية ا ف ي  
بحساب المثلثات

س مركب اتجه الى جهة في جريانه وبواسطة مجرى جري الى جهة  
اخرى فكان معدل سرعته  $١٠$  اميال في الساعة وميله على مجراه  $٣٦^\circ$   
ومعدل سرعة المجرى  $٨$  اميال في الساعة فما هي زاوية ميل المجرى عليه  
ج  $١٧' ٤٧'' ٥٥^\circ$  او  $١٢٣' ٤٢'' ٥٥^\circ$



س<sup>١</sup> قوة تدفع جسمًا ١٥ ذراعًا في الثانية المطلوب نصف قطر دائرة  
القطعة التي ترسم عليها وتحل القوة الى قوتين برسم اي خطين شئنا فيها بينهما  
زاوية ١٢٠° ج ٦٤٧٩

## الفصل الرابع

### في مصادمة الاجسام

٩٠ مصادمة الاجسام هي ملاقة ومقاومة بعضها بعضاً بزخمها  
وفي ذلك تعتبر مرونة الاجسام وعدمها . اما الاجسام المرنة فهي  
ما تميل ان ترجع الى حالتها الاصلية اذا انضغطت او تغيرت  
هيئتها بضغط المصادمة او بطريقة اخرى بالقوة التي ضغطتها .  
وخلاف ذلك الاجسام الغديمة المرونة ولاجسم مرناً تماماً فترجع  
جواهره بنفس القوة ضغطته او خال منها بالكلية فيبقى ملاصقاً  
لجسمه يصادمه . ويظهر ان مرونة النور والهواء والغازات قريبة  
جداً من التام وان الرصاص والطين لكون مرونتها قليلة جداً  
يحسبان غير مرنين . وسائر الاجسام تختلف درجة مرونتها بينها .  
٩١ ان صدم جسم غير مرٍ اخر غير مرٍ ساكنًا او متحركاً  
الى نفس جهته بسرعة اقل من سرعة الاول يتحرك كلاهما معا  
بعد المصادمة بسرعة مجموع الزخمين على مجموع الجسمين

ليكن ل و ب جسمين وسرعتها ل و ب فيكون مجموع زخميهما ل + ب  
ب كما تقدم الكلام في الزخم (رقم ٦٤). لتكن سرعتها بعد المصادمة س  
فيكون زخمها معا حيثئذ (ل + ب) س فيكون ل + ب = س (ل + ب) X  
س وس -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$  اي ان السرعة - مجموع الزخمين على مجموع  
الجسمين ان كان الثاني متحركا. فاذا كان الثاني ساكنا فلان سرعته تكون  
صفرًا بموجب العبارة السابقة س -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$

٩٢ السرعة التي يخسرهما الجسم الاول - حاصل الثاني X فضلة  
السرعتين + مجموع الجسمين والتي يكسبها الثاني - حاصل الاول X  
فضلة السرعتين + مجموع الجسمين

وذلك لان التي يخسرهما ل - ل - س - ل -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$   
 $\frac{ل + ب}{ل + ب}$

والتي يكسبها الثاني - س - ب -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$  - ب -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$   
وان كان ب ساكنا تصير العبارتان  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$  و  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$

وان تساوى الجسمان تصير العبارتان في حال حركة الجسمين  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$   
لخسارة الاول او مكسب الثاني. وفي حال سكون الثاني تصير عبارة خسارة  
الاول او مكسب الثاني -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$  اي نصف سرعة الاول

٩٣ اذا تصادم جسمان متحركان الى جهتين متقابلتين تكون  
السرعة بعد المصادمة = فضلة الزخمين قبل مقسومة على مجموع  
الجسمين

وذلك لان الزخم بعد المصادمة - فضلة الزخمين قبلها اي ل - ل -  
ب - ب - (ل + ب) س وس -  $\frac{ل + ب}{ل + ب}$

والسرعة التي يخسرهما الجسم الاول - حاصل الثاني X مجموع السرعتين

مقسوما على مجموع الجسمين . لانها - ل - س - ل -  $\frac{ل-ب}{ل+ب}$  -  
 $\frac{ب+ل}{ب+ل}$

والسرعة التي يربحها الثاني - حاصل الاول  $\times$  مجموع السرعتين على  
 مجموع الجسمين لانها -  $\frac{ل-ب}{ل+ب}$  - ( - ب ) -  $\frac{ل-ب}{ل+ب}$  + ب -  
 $\frac{ل+ب}{ب+ل}$

ومن كل ذلك يتضح ان ما للجسمين من الزخم بعد المصادمة يجب ان  
 ينقسم على مجموع مادتها ابدأ لتعرف السرعة وبما ان الزخم كناية عن القوة  
 فيطابق هذا القول ما قيل في القوة وهوانه اذا فعلت قوة في جسم فانها  
 تفرق على كل مادة لكي تكسب السرعة

في المصادمة الى جهتين متقابلتين عبارة السرعة تصير صفراً اذا كان  
 ل - ب - ب ولكن تكون والحالة هذه نسبة ب : ب :: ب : ل . فاذا ان  
 كانت سرعتنا جسمين بالقلب كمقدارهما يسكنان بعد المصادمة

### مسائل مشورة

س<sup>١</sup> وزن ل - ٢ ارطال وسرعة - ١٠ اقدام كل ثانية ووزن ب  
 رطلان وسرعة ٢ اقدام كل ثانية مطلوب سرعتها بعد المصادمة الى جهة  
 واحدة ج ٧١/٢ اقدام كل ثانية

س<sup>٢</sup> ل - ٧ ارطال وسرعة ١١ قدماً كل ثانية صادم ب ساكناً وزنه  
 ١٥ رطلاً فما هي السرعة بعد المصادمة ج ٣ ١/٢ قدماً كل ثانية

س<sup>٣</sup> وزن ل - ٤ ارطال وسرعة ٢ اقدام كل ثانية وزن ب رطلين  
 وسرعة ٥ اقدام تحركا الى جهتين متقابلتين مطلوب السرعة بعد المصادمة  
 ج ٤ ١/٢ قدماً كل ثانية

س<sup>٤</sup> ل - ٧ ارطال وسرعة - ١ وب - ٤ وسرعة - ٢ تحركا الى

جهة واحدة فكم من السرعة خسرها ل وكم من السرعة اكتسبها ب

ج خسارة ١ -  $\frac{2}{11}$  ومكسب ب  $\frac{1}{11}$  ٤

س° تحرك جسم بسرعة ٧ اقدام كل ثانية وصادم آخر متحركاً الى الجهة المتعابلة بسرعة ٢ اقدام كل ثانية فحسر نصف زخمه فما هي نسبة احدهما الى

الاخر ج ١ : ب ١٢ : ٧

س° وزن ل - ٦ ارطال ووزن ب - ٥ ارطال تحرك ب بسرعة ٧ اقدام كل ثانية الى جهة ل وبالمصادمة تضاعفت سرعة ب فما هي سرعة ل قبل المصادمة ج  $\frac{1}{11}$  اقداماً كل ثانية

٩٤ اذا صادم جسم مرن اخر مرناً تكون خسارة الاول مضاعف ما يخسره لو كان غير مرن ومكسب الثاني كذلك

وذلك لان الجسم يبروتو يعود الى حالته الاولى بقوة تساوي القوة او الزخم الضاغط . وذلك لان انضغاط الجسم المرن قد لاقى زخم مصادموه فسكنه بدوام مقاومة جواهره المنضغطة اياه منذ لامتة الى حين سكونه فبرجوع المصادم من حال السكون يكتسب الزخم نفسه بدوام نفس مقاومة الجواهر بالرجوع الى هيئتها . وذلك يشبه الجسم المرمي الى اعلى بقوة لان الجاذبية تبقى تضاده الى ان ينتهي الى علو يكتسب بالجاذبية نفسها برجوعه منه الى الارض تلك القوة التي رُمي بها . فاذا تصادم جسمان متساويان غير مرين مثلاً فان الثاني يكتسب ما يخسره الاول بتفريق الزخم . ولكن ان تصادم كرتا عاج متساويتان على افرض كون العاج مرناً تماماً فالجسم الاول لا يخسر ما يكسبه للثاني فقط بل يبروتو الثاني تضاعف خسارته و يبروتو الاول تضاعف مكسب الثاني كذلك . فبتتج لنا من ذلك قاعدة عمومية لمعرفة السرعة لمصادمة الاجسام المرنة وهي

استعلم خسارة الجسم الاول ومكسب الثاني كما لو كانا غير مرنين ثم ضاعف الخسارة واجمع الضعف الى سرعة الاول قبل المصادمة فيكون لك سرعته بعد المصادمة . ثم ضاعف مكسب الثاني واذف المضاعف الى سرعته كذلك فيكون لك سرعته تنبيه . يجب في ذلك الانتباه الى الايجاب والسلب فاحسبته من السرعة الى جهة ايجاباً فاحسب ما الى جهة تقابلها سلباً وان حسب المكسب ايجاباً فاحسب الخسارة سلباً

فبهو جب القاعدة المذكورة ومراعاة (رقم ٩٢ و ٩٣) نصير

اذا تصادم الجسمان سائرين الى جهة واحدة سرعة ل - ل -  $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$  وسرعة ب - ب +  $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$   
واذا تصادم سائرين الى جهتين متقابلتين سرعة ل - ل -  $\frac{ل(ل+ب)}{ل+ب}$  وسرعة ب - ب -  $\frac{ل(ل+ب)}{ل+ب}$

وتحويل هذه العبارات نستخرج سرعات الاجسام المرنية بعد المصادمة

- (١) الى جهة واحدة سرعة ل -  $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$
- (٢) ب -  $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$
- (٣) جهتين متقابلتين ل -  $\frac{ل(ل+ب)}{ل+ب}$
- (٤) ب -  $\frac{ل(ل+ب)}{ل+ب}$

٩٥ اذا تصادم جسمان مرنان متساويان يتبادلان في السرعة اي ان كلاهما ياخذ التي كانت للاخر اصلاً

فان كان ل - ب فالعبارة (١) . تصير ب والعبارة (٢) تصير ل . اي ان ل - ب تحصلت ل سرعة ب وب سرعة ل . وذلك يصح فيما اذا تصادم في جهة متقابلة . لانه ان كان ل - ب فالعبارة (٣) تصير ب - ب

التي كانت سرعة ب' الأصلية والعبارة (٤) تصير ل السرعة التي للجمع  
ل' أصلاً. فإذا إذا كانت حركتا الجسمين المرين المتساويين في جهتين  
متقابلتين فالمصادمة ترجع كلاهما في الرجوع + ل' يصح - ب' و - ب'  
يصير + ل'

وإن حولنا العبارات الأربع المذكورة باعتبار أن ل - ب وب ساكن  
تتحصل المبادلة المذكورة نفسها لأن العبارة (١) تصير صفراً والعبارة  
(٢) تصير ١ وهكذا العبارة (٣) تصير صفراً والعبارة (٤)  
تصير ١

٩٦ اما مصادمة الاجسام المرنة غير المتساوية فسنضع لها

### ثلاث ملاحظات

١. اذا صادم جسم من اخر من اصغر ساكننا فالمصادم يبقى ساكنا الى قدام ولكن بسرعة اقل والمصادم يسبقه بسرعة اعظم مما كانت للمصادم اولاً. لان العبارة (١)  $\frac{v_1 - v_2}{1 + 1}$  التي هي ايجاب وانما اصغر من ل. فاذاً يبقى المصادم متقدماً في سيره ولكن بسرعة اقل من قبل. واما العبارة (٢) فتصير  $\frac{v_1 - v_2}{1 + 1}$  وهي اعظم من ل. فاذاب يسير بعد المصادمة اسرع من ل فلها

٢ إذا صاد جسم من آخر من اكبر منه ساكنًا يرجع عن مسيره والآخر يسير متقدمًا وإنما بسرعة اقل من التي كان المصادم ساكنًا بها . وذلك لان  $\frac{L+l}{L+l}$  هي سلب و  $\frac{L-l}{L+l}$  هي اقل من ل

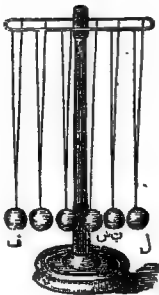
٣ إذا انصدم جسمان مرئان في جهتين متقابلتين لهما سرعانان متساويان  
وسكن احدهما فمقداره ثلاثة اضعاف مقدار الآخر. لانه لما كانت السرعانان  
متساويتين فالعبارة (٢) تصير  $\frac{ل(ل-ب) - ل(ل+ب)}{ل+ب} = آي ل(ل-ب)$   
 $- ل(ل+ب)$  ول - ٢ ب

۱۲- اَلْب - ۱۰- وِل - ۱۱- ب

٩٧ ان التجربة توضح لنا كل ما قيل في الاجسام المرنة لانه اذا اخذت اجسام مرنة وجعلنا احدها يصادم الاخر بحسب الاحوال المذكورة سابقاً نظهر لنا صحة ما قيل في كل حال . واذا تذكرنا بعض ملاعب الاولاد نتأكد ذلك ايضا لانه في لعب الكرة اذا انصبت كرة اللاعب بعد دفعها ياها بقوة شديدة باصبعه على كرة رفيقة الساكنة التي قصد ان يصيبها فالكرة الثانية نفر بسرعة وتستقر الاولى في مكانها . وهكذا في لعبة الخوط نوع من لعب الكعاب الكعب الذي يصادم صف الكعاب المضروب يدفع الذي يصيبه ويستقر مكانه

٩٨ اذا تعلق اجسام مرنة حتى تكون في صف واحد مستقيم وصادم الجسم على احد الطرفين بقية الصف يرسل زخمه الى الجسم على الطرف الاخر ويفعل به بواسطة الاجسام المتوسطة . ولا يخلو اما ان تكون الاجسام متساوية او متناقصة او متزايدة ولننظر الان الى هذه الاحوال الثلاثة

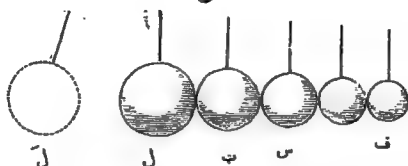
شكل ٣٩



١ لتكن ل ب س ... ف اجساماً مرنة متساوية معلقة حتى تكون في صف مستقيم يماس احدها الاخر كما في (شكل ٣٩). ثم اذا رُفع ل الى خلف وترك ليقع على ب يسكن بعد المصادمة وب يميل ان يسير بسرعة (رقم ٩٥) . وبعد مصادمة ب للجسم الذي بعده س يهدأ ب ويميل س ان يفرك بتلك السرعة نفسها وهكذا ترسل الحركة في الصف الى آخره وف تزول من مكانها اذ يبقى سائر الصف ساكناً

٢ الاجسام المتناقصة مثل ل ب س الح اذا رُفع ل منها الى ل كما في (شكل ٤٠) وترك ليستقط على ب فحسب (رقم ٩٦) ينفى متحركاً الى قدام اذ يكتسب ب سرعة اعظم من سرعة ل الاصلية وس يكتسب سرعة اعظم الح

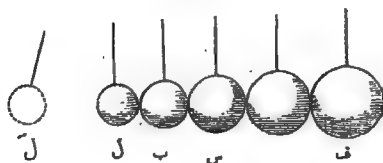
شكل ٤٠



فالجسم الاخير في الصف يحرك اذا باعظم سرعة وكل من الصف بسرعة اعظم ما لمصادمه

٣ اذا كانت اجسام متزايدة في صف مثل ل ب س الح (شكل ٤١) فان سقط ل من ل على ب يكتسب سرعة اقل مما كانت له ويفر راجعاً

شكل ٤١



(رقم ٩٦). وعلى هذا الاسلوب ب يرجع عن س وهم جرا اذ يسير الاخير من الصف متقدماً بسرعة اقل من السرعة التي تكون لسابقه لو كان اخيراً

ان كانت الاجسام في (شكل ٤) على سلسلة هندسية فسرعة الاول الى سرعة الاخير هي مثل ١ :  $(\frac{r}{f} + 1)^{n-1}$  اذا حسب ف تناسب



لكن السلسلة ل ل ف ل ف ... ل ف<sup>٢-٤</sup> اذا كانت ع عدد  
الحلقات فحسب ( رقم ٩٦ ) اذال صادم ب ساكناً فسرعة ب تكون

$$\frac{ل}{ل+ب} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ب}$$

ايضاً سرعة س هي  $\frac{ل}{ل+ب} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ب}$   
فالسرعان المتتابعان هي ل<sup>٢</sup> و ل<sup>٢</sup> الخ . فيظهر من ذلك  
ان اية حلقة في السلسلة تعرف بضرب السرعة الاصلية في ٢ مرقي الى قوة  
اقل من عدد الحلقات بواحد وقسمة الحاصل على ١+ف مرقي الى تلك القوة.  
وبالتتبع الحلقة الاخيرة هي  $\frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ب}$

فاذ سرعة الاول : سرعة الاخير :: ل<sup>٢</sup> :  $\frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ف} - \frac{ل}{ل+ب}$  : ١ :  
 $(\frac{ل}{ل+ف})^{٢-٤}$

٩٩ اذا صادم جسم غير مرن حائطاً غير مرن وخط مسيره  
عمودي عليه يسكن عند الحائط لان الحائط يصادمه بنفس  
زخمه . واذا صادم جسم مرن حائطاً مرناً يرجع بالقوة او الزخم  
الاصلي الذي كان له قبل المصادمة

وليان ذلك لنفرض الجسم ل صادم ب بسرعة ما وس يعدل الجسم  
ل ويحرك بسرعه وقد صادم الجسم ب ايضاً من جهة متقابلة في نفس الوقت

شكل ٤٢



الذي صادم ل فان الجسمين ل وس يثبتان على جانبي ب ويضغط كل  
واحد منها عليه بمقدار زخمه وهو يضغط على الآخر بمقدار ذلك . وذلك لان  
المتوسط ب ليس الا واسطة لا يصال زخم ل الى س في الجهة المتقابلة وزخم س

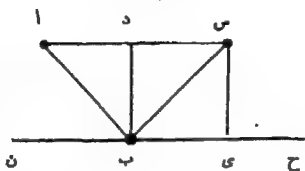


يصير مركز الثقل في الخط ب س وإذا فاته بالاستمرار يرجع اليه بعد عدة  
خطرات . فحكمة حكم الجسم المستدير الذي يوضع على سطح افقي ومركز  
ثقله ليس في الخط المسامت تحت نقطة التعليق ( رقم ٥٩ )

١٠١ اذا صادم جسم مرن تام المرونة متساوي الكثافة  
حائطا تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتين

لنفرض الجسم اغير مرن متساوي الكثافة صادم الحائط ج ن في

شكل ٤٤



النقطة ب بالسرعة اب وهي  
عبارة عن القوة التي تحركه .  
فبعد مصادمته الحائط لا  
يرجع لكونه جسا غير مرن  
ولا يقف لكونه لا بصادمة

في جهة عمودية ( رقم ٩٩ ) بل يسير في جهة ب ح . حل القوة اب الى  
القوة ب د العمودية على الحائط وضغط الحائط على الجسم او الجسم عليه ( رقم  
١٠٠ ) والى د ا على موازاة الحائط فالجسم يسير في الخط ب ي الذي  
يعدل ا د في وقت يسير الى ب

ثم اذا فرض امرنا فمروته ترجعه من ب الى د في وقت يسيره من  
ب الى ي وبالتونين يجري في خط ب س قطر المتوازي الاضلاع د ي ( رقم  
٧٩ ) . ثم لان د س - د ا لكون كلاهما يساوي ب ي و د ب مشترك بين  
المثلثين ا د ب س د ب وزاوية س د ب - ا د ب فالمثلثان متساويان  
وزاوية اب د التي تعرف بزاوية الوقوع تساوي د ب س المعروفة بزاوية  
الانعكاس . وقد تسمى اب ن زاوية الوقوع وس ب ي زاوية الانعكاس وهما  
متساويتان ايضا كما لا يخفى

١٠٢ يتج ما تقدم انه اذا صادم الجسم حايطاً مستقيماً وجرى على هذا الناموس اي اذا كانت زاوية الوقوع لهُ بعد المصادمة تساوي زاوية الانعكاس فهو تام المرونة ولذلك نتحكم ان جواهر الهواء وسائر الغازات والنور تامة المرونة او مرونتها قريبة جداً من التام لان الصوت الناتج عن ارتجاجات الهواء اذا صادم سطحاً وانعكس عنه تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس لهُ متساويتين كما سيأتي في السماعيات. وكذلك زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس للنور اذا انعكس عن سطح املس يلاحظ انها متساويتان تماماً كما سيأتي في البصريات

ثم لان بعض الاجسام كالعاج والعظم غير تامة المرونة فلا تنعكس على هذا الناموس تماماً لانه اذا صادمت كرة من عاج سطحاً مرناً فزاوية الانعكاس لها تختلف عن زاوية الوقوع لانها اذا كانت غير تامة المرونة لا ترجع بنفس القوة التي صادمت السطح بها فيصغر د ب حينئذ مع بقاء ب ي ا و د س (شكل ٤٤) فتكبر زاوية د ب س وتنفوت المساواة لزاوية ا ب س

١٠٣ ويظهر ايضاً من (رقم ١٠١) انه اذا ضادت قوة غير عمودية جسماً يؤثر فيه فقط بمقدار قوة يعبر عنها بخط بين الجسم وعمودي من طرف خطها غير الملاقى الجسم على خط مسيره لانه اذا ضادت قوة مثل س ب الجسم ب جارياً او ساكناً مجذوباً الى جهة ب ج فانها تضاده بمقداري ب لان القوة س ب - اب وي ب -

دا . ولا يخفى انه اذا كان ب سائراً او ساكناً مجذوباً الى جهة ب ح بقوة تساوي ب ي يسكن او تنزل القوة المجاذبة له بقوة س ب او بقوة اعظم او اقل من ب ي فيجري في جهة ب ح او ب ن بقدر الفرق بقوة س ب

١٠٤ ان من احسن اعتباره في كل ما قيل في المصادمة لا يخفى عليه ان كلاً من الجسمين المتصادمين يؤثر في الآخر ويتأثر منه . لان الجسم غير المرن بمصادمته اخر يكسبه زخماً ويخسر من زخمه بمصادمة الآخر له اذ يغير الاول استمرار الثاني سواء كان الثاني ساكناً او متحركاً وهكذا يقال في الاجسام المرنة . ومثل ذلك اذا صادم رجل حائطاً بنفسه اياه برجليه يرجع اليه من الحائط نفس الزخم الذي صادمه به لثبوته ( رقم ٩٩ ) فيصبح خاسراً ولا يمكنه ان يضر الحائط بل انما يضر نفسه . وكذلك اذا جذب رجل حبلاً مربوطاً بعמוד ثابت فالتوة لسبب ثبوت العمود ترجع الى الحبل ويجذب الرجل فينسحب هو الى قدام بذات القوة التي جذب بها الحبل وقس على ما ذكر ما لم يذكر . ويعبر عن تأثير المصادم بالمصادم عند اطيعيين بالفعل وعن تأثير الاول من الثاني بالانفعال او رد الفعل فلا بد في كل مصادمة من فعل وانفعال معاً ولا يكون الاول دون الثاني ولا الثاني دون الاول

## مسائل على الاجسام المرنه

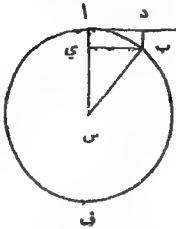
س١ وزن ل ١٠ ارطال يسير ٨ اذرع في الثانية صادم ب الذي  
ورنه ٦ ارطال ويسير في نفس جهة ل بسرعة ٥ اذرع في الثانية فما هي سرعة  
ل وب بعد المصادمة ج سرعة ل -  $\frac{5}{4}$  وسرعة ب -  $\frac{8}{4}$   
س٢ ل ب :: ٤ : ٣ والجهة واحدة والسرعتان مثل ٤ : ٥ فما هو  
تناسب سرعتيهما بعد المصادمة ج ٢٦ : ٢٩  
س٣ وزن ل ٤ ارطال وسرعته ٦ لاقى ب الذي وزنه ٨ ارطال  
وسرعته ٤ مطلوب سرعة كل وجهته بعد المصادمة  
ج ل قراجا بسرعة  $\frac{7}{2}$  وب سار في جهة مسيره بسرعة  $\frac{3}{2}$   
س٤ ل وب يتحركان في جهتين متقابلتين ول - ٤ ب وب - ٢ ل  
فكيف يتحرك الجسمان بعد المصادمة  
ج ل يرجع بخمس سرعتيه الاصلية وب يسير بسرعة  $\frac{1}{2}$  اسرعته الاصلية  
س٥ ١٠ اجسام تزداد مقاديرها على سلسلة هندسية بتناسب هندسي  
٢ والاول يصدم الثاني بسرعة ٥ اذرع كل ثانية . مطلوب سرعة الجسم  
الاخير ج سرعة  $\frac{10}{12}$

## الفضل الخامس

في قوة التباعده عن المركز

١٠٥ قوة التباعده عن لمركز هي تلك القوة التي تجذب جسما  
متحركا في دائرة الى جهة تقابل جهة مركز تلك الدائرة من الجسم

اذا تحرك جسم في خط مستقيم ثم رُدَّ عن خط حركته لكي يتحرك في دائرة تكون حركته نتيجة حركتين مركبتين



احدهما منقطعة والآخرى متصلة . لتتحرك جسم من ا في جهة ا د بقوة نسبية الى د ثم يجذب الى جهة المركز س لكي يتحرك في دائرة ا ب ف بقوة متصلة توصلة الى ي في نفس وقت وصوله الى د فيجري الجسم في القوس ا ب قطر دي المتوازي الاضلاع نتيجة القوتين

في ذلك الوقت نفسه ( رقم ٧٦ ) . ولا يخفى انه بالقوة ا ي قد جذب الجسم عن استمرار جريانه في خط ا د الى جهة المركز فبرد الفعل ( رقم ١٠٤ ) يضاد تلك القوة بقوة تساويها تجذبه الى خلاف جهة المركز سواء كان معلقا بشئ ثابت كسمار عند المركز س ام لم يكن معلقا وادبر بقوة الى جهة المركز . فالقوة برد الفعل المشار اليها التي تجذبه الى جهة تقابل جهة س منه هي قوة التباعده عن المركز التي مرر تعريفها

ان قوة الجذب الى جهة المركز تساوي قوة التباعده عن المركز لان الثانية رد فعل منها كما اشرنا فهي بموجب ( رقم ١٠٤ ) متساوية لها ونسى بالقوة المركزية

ثم ان الجسم بالاستمرار بالقوة التي حركته في خط مستقيم يميل في سيره في كل نقطة من محيط الدائرة ان يتحرك في خط مستقيم ماسا للدائرة مثل خط ا د ( شكل ٤٥ ) . فاذا انقطعت القوة المركزية بقيت قوة الاستمرار ويسير الجسم في ماس الدائرة . ولكن اذا كان مسيره في جهة افقية او مائلة عن الافق فانه يتحرك في خط شجري ( رقم ٨٧ ) وان كان عموديا على الافق يجري في خط الى فوق او الى تحت

وما يوضح قوة التباعد عن المركز حركة المقلع . فانه يعلق طرفه الواحد باليد ويمسك الآخر غير معلق اذ يوضع فيه حجر وبها يُدار بقوة متصلة اذ تكون هي مركز حركته لكي تتسارع حركته برهة ثم يفلت الطرف غير المعلق بقوة التباعد عن المركز يرفي الحجر في خطٍ شلبي ماس لدائرته الى بعيد لا تقدر اليد ان توصله اليه لان قوة التباعد تكون اشد في المقلع

شكل ٤٦



منها في يده اذ لا يمكنها ان تسرع في حركتها مثل الاول . وعلى هذا المبدأ تتطابروا الاحوال من دواليب العربايات شتاء . ولا يخفى انه كلما كبرت الدواير يرفي الجسم بزخمٍ اقوى لانه بتوسيع الدائرة مع بقاء وقت الدوران في كل الدائرة على حاله تزداد السرعة كحيطها فيقوى زخم الجسم وبالتسعة تقوى قوة التباعد . ولذلك المقلع الاطول يرفي الى ابعد اذا ادير بسرعة واليد الطولى كذلك

واذا رُبِطت اسنجة بخيط ثم بليت بماء وأديرت بسرعة فالماء يتطائر منها الى كل الجهات بسبب قوة التباعد عن المركز . وعلى هذا الاسلوب قد تجفف الثياب المفسولة احياناً في محلات الغسيل وذلك بان تدار بسرعة بعد وضعها في دواليب آلة التجفيف فيفلت الماء بقوة التباعد وتجف الثياب . وسرعة الف وخمس مئة دورة في الدقيقة قيل انها كافية لتجفيف الثياب كلياً ما كانت مبتلة اصلاً

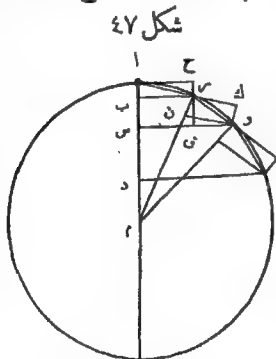
اذا رُبِط دلو ملآن ماء بجمل ثم ادير بسرعة لا يستط الماء منه مع انه يتقلب بدورانه الى فوق ولا يبقى مانع لهبوط الماء



بالمجازية اذ يصل الى الجهة العليا كما نرى (شكل ٤٦). وذلك مسبب  
ايضاً عن قوة التباعد من ادارة الدلو بسرعة الغالبة المجازية التي لولاها لا  
نصب الماء منه حالاً عند انقلايه الى فوق كما اذا قلبناه بدون ادارته على هذا  
الاسلوب

١٠٦ اذا سار جسم في قوس دائرة حول مركزها يكون سهم  
جيب ذلك القوس عبارة عن قوة التباعد وجيبه عبارة عن  
القوة التي تحركه في خط مستقيم وبحسب ذلك القوس نتيجتها  
ليمر الجسم في قوس ا غ بقوة تحركه في خط مماس للدائرة وبقوة  
التباعد. ا قسم هذا القوس الى ثلاثة اقسام متساوية ا ر و و غ (شكل ٤٧)

وليتحرك الجسم بقوة تحركه على  
 خط مستقيم في جهة ا ح ولتجذبه  
 القوة اب الى جهة المركز م  
 ولنفرض انها منقطعة فالجسم  
 يجرى في القطر المستقيم ا ر . ثم  
 لنفرض قوة رن جذبه الى جهة  
 المركز وكان يصل من ر الى ن  
 فيما يجرى من ر الى ك على استقامة  
 خط ا ر تكون رن قوة التباعد

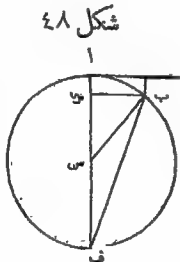


ون واورك الاخرى وتيجتها وراسم رق بوازي ب س وبعده ومن ق  
 ارم وق س بوازي رب فالقوتان رق وق و تساويان رن ون ولان رو  
 تتيخه كل من الزوجين اذا تركبنا (رق ۸۸) تكون اس قوة التباعد على خط  
 ام عند وصول الجسم الى ولان رق - ب س وتكون س و عبارة عن القوة

التي تهتزك الجسم في خط مستقيم . وهكذا يمكن ان يبين ان اذ عبارة عن  
قوة التباعد و د غ عبارة عن القوة الأخرى عند وصول الجسم الى غ وهكذا  
اذا قسم القوس ا غ الى اقسام صغيرة الى غير نهاية حتى تصبح الاوتار الصغيرة  
نقطاً في دائرة يبين على الاسلوب المذكور ان اذ عبارة عن قوة التباعد و د غ  
عن القوة الأخرى . ولما اذ هو سهم جيب القوس ا غ و د غ جيبه

١٠٧ لكي نستعلم قوة التباعد عن المركز لجسم دائري في الثانية الأولى أقسم مربع سرعته على قطر دائرته

ليدار الجسم ا في القوس اب في لحظة من الوقت هي جزء من ثانية صغير  
الى غير نهاية نفرضها ت بقوتي ي ب واي  
(رقم ١٠٦) حول المركز س. ولنفرض س -  
سرعة الجسم في ثانية وط - طول نصف القطر  
اس وق - قوة التباعد اعني البين الذي ينزله  
الجسم بهذه القوة في القطر ا ف في ثانية وت -  
الوقت فحينئذ ا ب - س  $\times$  ت. ولما كانت قوة



التباعد متصل كالجاذبية فهي تتغير مثلها كربع الوقت بموجب برهان  
سقوط الاجسام بالجاذبية فتكون اي - ق ت<sup>٢</sup> ولكن لما كان اب قوساً  
صغيراً جداً يسوغ ان نحسبه كوتره الذي هو متناسب متوسط بين اف  
القطر اي ٢ ط واي فتكون ق ت<sup>٢</sup> =  $\frac{٢٢}{٢٢} ط$  او

(۱) . . . . .

وإن تضاعفت هذه بموجب (رقم ٧٢) تضيق  $\frac{r}{v}$  السرعة التي تحدثها قوة التباعد بحركة متساوية. في ثانية واحدة وهذه أحياناً قياس قوة التباعد كما أنه في الأجسام الساقطة قد يجعل قياس قوة المجاذبية  $\frac{1}{2}g = ٢٢$

سرعتها في الثانية الثانية على فرض بطلان المجاذبية في اخر الثانية الاولى  
 من (١) يتجاثف في دوائر متساوية قوة التباعد عن المركز بتغير كسر  
 السرعة اذا اعتبرنا دوران الجسم مرة في كل دائرة فعبارة قوة التباعد تكون  
 كما سنرى . لنفرض ت يساوي وقت دورة تامة ولنفرض م - ٢٤١٤١٥٩  
 نسبة المحيط الى القطر فيكون م ط - س ت اوس -  $\frac{\pi}{2}$  وبالعمود  
 عن هذه في (١) تصير

(ف) . . . . .  $\frac{r_2^2}{r_1^2} - q$

فإنما قوة التباعده عن المركز تتغير بالاستقامة كقطر الدائرة وبما للقلب  
كربع وقت دورق. ثم لنفرض ث - ثقل جسم دائري - قوة التباعده  
عن المركز معبراً عنها بارطال وج الين الذي يسقط فيه الجسم في ثانية  
- 16 1/2 فتكون ث : ق :: ج : ط أي

(۲) . . . . .  $\frac{r_{شماره}}{r_{مجموعه}}$  - ق

ولكن مع عدد الدورات في ثانية فلنا س - ٢ م طع

و (۳) نصیرق -  $\frac{r_2}{c}$  × ث × ظ × ع . . (۴)

١٠٨ إذا دار جسمان حول محور يمر بمركز ثقلهما المشترك فعلا

يكون ضغط على ذلك المحور

لیکن اوب (شکل ۴۹) جسمین متصاین بتضیب ولیدار اصول مرکز

شکل ۲۹

الثقل من فيموجب (٤) قوة

التباعده عن المركز للجسم احي

$$\frac{r}{j} \times 1 \times 1 \times s \times c \times \text{والجسم}$$

ہی  $\frac{r_2}{r_1} \times \text{ب} \times \text{ب} \times \text{س} \times \text{ع}$  . ولما کان من مرکز ثقل الجسمین یکون  $\times 1$

اس - ب X بوس ففوة التباعد عن المركز اذا الجسم اس - اتي للجسم ب



فلا يكون ضغط على المركز بزيادة قوة التباعد عن المركز لاحدها على قوة الآخر

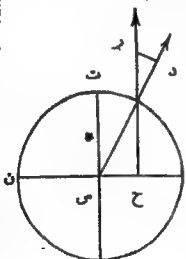
١٠٩ ان قوة التباعد لجسم على الارض عند خط الاستواء تستخرج بحسب (١) ولكن قوة التباعد عن المركز لجسم في عرض ما تساوي قوة التباعد عند خط الاستواء مضروبة في مربع نظير جيب العرض

ليكن ن ص (شكل ٥٠) محوراً والجسم يرسم محيطاً مع نصف القطر اس . اجل ط - س ت وط - اح ول - زاوية اس ت العرض وق قوة التباعد عن المركز عند خط الاستواء وق قوة التباعد عند اوس - سرعة ت وس - سرعة افلنا ما مر

$$ق - \frac{r^2}{ط^2} وق - \frac{r^2}{ط^2}$$

ولكن س : س : ط : ط فتكون س -  $\frac{ط}{ط}$  . وكذلك من المثلث

اس ح لنا ط - ط X بجل فاذا س - س X شكل ٥٠ بجل وق -  $\frac{س}{ط} X \frac{بجل}{بجل} - \frac{س}{ط} X \frac{بجل}{بجل}$  . ومتعابلة



قيمة ق مع قيمة ق لنا ق - ق X بجل . ولكن لما كانت قوة التباعد عند انقضاء الجاذبية الى جهة ا ب والجسم انجذبه الارض الى جهة س تكون ا ب الى ا د مثل قوة التباعد عند الى مضادها للجاذبية (رقم ١٠٢) اذا ا د عبارة عن مضادها لما اذا كانت ا ب عبارة عنها وب د عموداً على ا د . ثم لما كانت زاوية د ا ب - اس ت - ل فلنا

$$ا د - ا ب X بجل - ق X بجل - ق بجل$$

١١٠ من العبارات السابقة يستعلم أنه يقتضي ان تصير سرعة الأرض حول محورها ١٧ ضعفاً لكي تزول قوة الجاذبية عند خط الاستواء ولا يعود للمواد ثقلٌ هناك وتشتطيران زادت سرعة الأرض

لأنه بموجب (٢)  $ق = \frac{ث \times س}{٢ \times ط}$  وق  $٢ \times ط \times ج - ث \times س$  وبحسب فرض  $ق - ث$  فاذًا  $س - ٢ \times ط \times ج$  و  $س - ٢ \times ط \times ج$  -  $١٦ \times ٥٢٨ \times ٨٠٠٠$  -  $٢٥٩٩٦$  قدماً مقدار سرعة الأرض التي تزال الجاذبية ثم ان محيط الأرض عند خط الاستواء -  $٢٥٠٠٠$  ميل دورتها في  $٢٤$  ساعة فتكون سرعتها من الاقدام في الثانية  $-\frac{٥٢٨ \times ٨٠٠٠}{٢٠ \times ٢٤} - ١٠٨٢$  ثم  $١٧ - \frac{٢٠٩٩٦}{١٠٨٢}$  تقريباً

١١١ يظهر من (رقم ١٠٩) ان قوة التباعد عن المركز للمواد على الأرض التي تضاد جاذبيتها تختلف باختلاف العرض. فمعظمها عند خط الاستواء وهي هناك  $\frac{١٧}{١٠}$  من الجاذبية (رقم ١١٠) اي لو بطل دوان الأرض على محورها لكان ١٧ رطلاً تصير ١٨ رطلاً هناك. وبالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو احدى القطبتين تتناقص قوة التباعد عن المركز بتناقص دوائر العرض اذ كانت الاجسام عند تلك الدوائر تكمل دوراتها في وقت واحد حتى تصير لاثي عند القطبتين وتغير كمبرع نظير جيب العرض (رقم ١٠٩). فبناء عليه المظنون ان ذلك صار سبباً لكون الاجزاء القطبية اقرب الى مركز الأرض من الاستوائية وكونها اقرب منها الى التسطح كالمفرر في فن الجغرافية. لانه اول ما حركها الخالق جل شانه كانت مائعة وكانت قوة التباعد عن المركز تقاوم جاذبية الأرض اشد مقاومة عند خط الاستواء ولم تكن لتقاوم عند القطبتين فانضغطت الاجزاء القطبية وتباعدت الاستوائية

عن المركز حتى صار الفرق بين القطر الاستوائي والقطبي ٢٦ ميلاً. ومن خط الاستواء الى احدى القطبتين تناقص مقاومة قوة التباعد عن المركز المجاذبية فيتناقص الضغط الى ان يصير لا شيء عند القطبة. وذلك يجعل هيئة الارض اهليلجية كان مجسمها مصنوع بدوران اهليلجي حول قطره الاقص. ولكن لكون الفرق بين القطرين صغيراً ولم تبعد هيئتها عن الكرة تعتبر غالباً كرة تامة. وسياتي الكلام في الرقاص على طريقة معرفة الفرق بين القطر القطبي والاستوائي

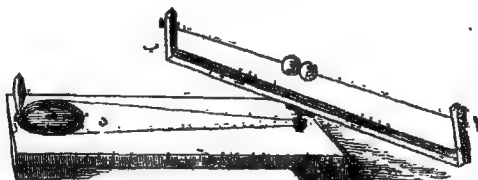
شكل ٥١



ان التجربة الاتية توضح ما قد ذكر. فاذا ادبرت هذه الآلة ( شكل ٥١ ) بسرعة يظهر جذب قوة التباعد عن المركز. وهذه الآلة فيها دائرتان من شريط او من سير معدني مرفق بدوران حول محور فاذا اتصلت هذه الآلة بدولابين ملفوف عليهما خيط وحركت بسرعة فالدائرتان

يتقاربان على خط المحور وتباعدان عند خط الاستواء كما يرى في الشكل. وما يوضح لنا قوة التباعد عن المركز جلياً هذه الآلة ( شكل ٥٢ ).

شكل ٥٢



فان المملكة اب موضوعة على محور مثبتة عليه يبرقي تدور عليه بواسطة الدولاب د. وكرتان متقومان قد ادخلا في شريطة اب فاذا وضعنا عند

المركز كما ترى ( شكل ٥٢ ) وادبرت الالة بصرعة يتباعدان عن المركز ويصدمان طرفي المسلكة في لحظة واحدة ان كانتا متساويتي الحجم والكبرى تصدم قبل الصغرى ان كانتا مختلفتي المادة . وان اختلفتا في البعد عن المركز مع مساواتهما في المادة فالبعدي تصدم أولاً وما يظهر قوة التباعد عن المركز ان دولاب المحلج احياناً يتكسر لرياً اعظم سرعة دورانه وقس على ما ذكره ما لم يذكر

### مسائل منشورة

س<sup>١</sup> حجر ثقله اوفيتان ادير في مقلع طوله ثلثة اقدام ٤ دورات في كل ثانية فما هي قوة التباعد فيه ج ٢٢٨ ق ٢ ط  
 س<sup>٢</sup> ان كان طول مقلع قدمين فكم دورة يقتضي ان يدور في الثانية حتى تحفظ قوة التباعد الحجر في المقلع بدون سقوطه منه بالجاذبية ج ٢/٢ دورة في الثانية  
 س<sup>٣</sup> عربة ية وزنها ٧ قنطير تسير بسرعة ٣٠ ميل في الساعة على طريق حديد دارت في قوس نصف قطره ٢٠٠ قدم فكم تكون قوة الجذب عليها الى خلاف جهة مركز دائرتها ج ٥١٢١٢ ط ٢ قنطر  
 س<sup>٤</sup> كم يقتضي ان تسرع الارض لكي لا يبقى ثقل المواد على عرض بيروت اي ٣٠ و ٣٣

## الفصل السادس

### في الرقاص

١١٢ الرقاص شريط من معدن معلق بمسار داخل ساعة

دقاقة في طرفه الاسفل قرص معدني بخطر في قوس صغير حول نقطة التعليق لاجل تحريك عقرب الدقائق. وتسمى نقطة التعليق مركز الحركة. وفي ما ياتي بحسب الخطران في خلاه بدون ان يفرك على مسمار. فلا ينظر الى صد الهواء او الفك. ولاجل البحث عن نواويس حركة الرقاص نحتاج ان نلتفت اولاً الى حركة الاجسام على سطح مائل

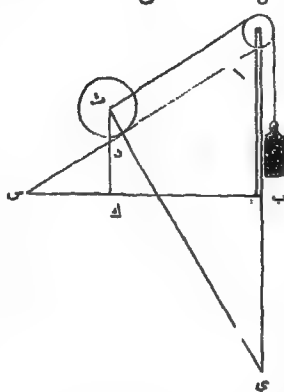
١١٢ السطح المائل هو سطح مستوي زاوية ميله على سطح الافق اقل من قائمة. واذا وازنت قوة توازيه جسمًا عليه تكون نسبة تلك القوة الى الجاذبية كنسبة علوه الى طوله. ووقت سقوط الجسم بالجاذبية في بين مثل طوله يساوي وقت نزوله على السطح في بين مثل علوه

ليكن اس سطحًا مائلًا علوه اب عمودي على قاعدته س ب الموازية لسطح الافق وزاوية ميله اس ب وثقلًا يوازنه ق معلقًا بخيط ث ن ق المار على البكرة ن والموازي اس. فالجسم ث ساكن بثلك قوات احداها ق على جهة دا والثانية صد السطح على جهة ي ث العمودي من مركز ثقل الجسم ث على السطح المائل ( رقم ١٠٢ ) في نقطة الماسة د والثالثة الجاذبية في جهة ث ك او اي العمودي على ب س فالثلك اي د يدل على القوات الثلث ونسبة بعضها الى بعض كخطوطه بعضها الى بعض كما في الحركة المتساوية ( رقم ٧٩ ) لانه في تركيب الحركة المتساوية يدل على ايمان ثلك قوات في



وقت واحد د ن عليها مثلث بثلاثة مسطحات (رقم ٦٢) وفي المتسارعة

شكل ٥٣



بثلاثة مثلثات انصاف المسطحات في نفس الوقت ونسبة المسطحات بعضها الى بعض كالانصاف فوقت سقوط الجسم في اي بالمجازية ووقت نزوله في اد واحد. فخط اي عبارة عن قوة المجازية واد عبارة عن ق ودي عبارة عن صد السطح (رقم ٨٢). ولكنه لما كان مثلث اب س يشبه ادي تكون اضلاع اب س ايضاً عبارة عن القوات

الثالث اي ان الين اس عبارة عن المجازية و اب عبارة عن القوة ق وس ذ عبارة عن صد السطح واوقات سير الجسم بكل من بهذه القوات في مثل بينهما من مثلث اس ب متساوية. ثم اذا انقطع الخط ن ث يسير الجسم منهوياً على السطح اس بالقوة ق ولما كان الين يتغير كالقوة كما قررنا وبموجب (رقم ٧٦) فاذا فرضنا د الين الذي يسير فيه الجسم بالقوة ق في الثانية الاولى وج - الين للمجازية. في الثانية الاولى اي  $1\frac{1}{2}$  وع - علو السطح المائل وط - طولة

يكون د : ج :: ع : ط

اذا  $د = \frac{ع}{ط} \times ج$

فالقوة التي تحرك الجسم في سطح مائل هي كسر من المجازية صورته علو السطح المائل ومخرجه طولة ولا ريب ان هذه القوة متصلة على اي سطح مائل فرض وتحديث حركة متسارعة. فالحركة على سطح مائل لا تختلف

يالتوج عن حركة السقوط بالجاذبية بل بالكمية . فالعبارات الست المذكورة (رقم ٧٥) تصلح للسطح المائل غير انّه يقتضي التعويض بقيمة الحرف د عن ج وهنا ندون العبارات المشار اليها وحذاء عبارات السطح المائل

عبارات السقوط	عبارات السطح المائل
(١) و - $\frac{1}{2}g$	و - $\frac{1}{2}g \sin \alpha$
(٢) س - $\frac{1}{2}g$	س - $\frac{1}{2}g \sin \alpha$
(٣) و - $\frac{1}{2}g$	و - $\frac{1}{2}g \sin \alpha$
(٤) ب - ج و	ب - ج و
(٥) ب - $\frac{1}{2}g$	ب - $\frac{1}{2}g \sin \alpha$
(٦) س - ج و	س - $\frac{1}{2}g \sin \alpha$

من العبارة (١) يظهر ان ب  $\infty$  و  $\infty$  ومن (٥) ان ب  $\infty$  س اذا كانت ج او  $\frac{1}{2}g$  كمية ثابتة . فينتج ان ابيان النزول في اوقات متساوية متوالية هي كالاتداد الأوائل او  $1, 3, 5, \dots$  الخ وبيان الصعود كهذ الاتداد مقلوبة . وايضاً ان السرعة اخيراً ان في الجسم متحرّكاً بها على التساوي يسير مضاعف ما كان يقتضي ان يتزل لكي يحصل تلك السرعة . وانه اذا رمي او دحرج جسم الى فوق على سطح مائل يصعد الى بعد يقتضي ان يتزل مئة لكي تحصل سرعة الزمي

١١٤ السرعة اخيراً بالنزول على سطح مائل تعدل الحاصلة اخيراً بالسقوط في علوه

لان ب - ط هنا فيموجب العبارة (٢) س -  $\frac{1}{2}g \sin \alpha$  - ط  
 ١٦٠ (عج) وهي عبارة السرعة للسقوط بالجاذبية في علوه السطح . فعلى سطوح مختلفة اثنان س  $\infty$  ١٦٠

١١٥ وقت الانحدار على سطح مائل الى وقت السقوط  
بالمجازية في علوه كالطول الى العلو

لانه بموجب العبارة (١) و-  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  ط  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  ولكن وقت  
السقوط في العلو -  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  انا

وقت النزول على سطح مائل : وقت السقوط في العلو :: ط  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$   
:  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  ط  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  : ع  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  :: ط : ع

ثم لما كان و- ط  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  فعلي سطوح مختلفة و  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$   
فتبين انه ان كان لعدة سطوح علو



واحد فالسرعات بالنزول فيها متساوية  
واوقات النزول كاطوال السطوح  
لفرض ان اس واحد واي

(شكل ٥٤) لها علو واحد اب. ثم اذ  
كانت س  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  وع كمية مشتركة تكون س واحدة لجميع السطوح  
المدكورة. ولما كان و  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  وع كمية مشتركة بين السطوح فان و  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$

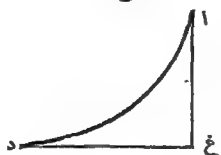
١١٦ انه في النزول على اوتار دائرة تنتهي في طرفي قطرها  
المتسامت السرعات اخيراً كاطوال واوقات النزول في الاوتار  
والسقوط في القطر تساوي بعضها بعضاً

لان السرعة الاخيرة (رقم ١١٤) على اس (شكل ٥٥) -  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  اس  
 $\times$  ج -  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2 \times$  ج -  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  اس  $\times$  ج. ولما كانت  $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{v}\right)^2$  كمية ثابتة  
فالسرعة الاخيرة على اس. لتغير مثل اس الطول. ثم بموجب (رقم ١١٥)





شكل ٥٨



يحصّل عند اسفل نفس السرعة التي  
يحصّلها بسقوطه في علو. فيظهر ان  
سرعة الجسم الأخيرة في واحدة سواء نزل  
على خط متساو ام على سطح مائل ام  
على منح ان كان العلو واحداً

١١٩ ان اوقات النزول على سلاسل سطوح متشابهة

ومنحنيات متشابهة كالأجزاء المائلة لأطوالها

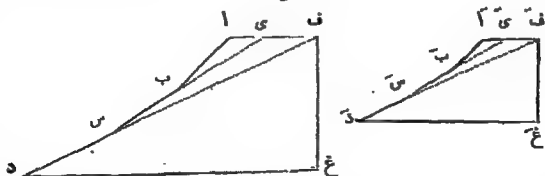
ان كانت لسطوح ميل واحد على سطح الافق فاوقات النزول عليها  
كجذورها أطوالها. لانه ان رسم علو وقاعدة كل سطح يصطنع مثلثات متشابهة  
وع: ط تناسب ثابت للسطوح المتعددة وبحسب (رقم ١١٥)

و  $\infty$   $\frac{ط}{ط}$   $\infty$   $\frac{ط}{ط}$   $\infty$  ط أي ان الوقت يتغير كالجذر المائل للطول

ثم ان كانت سلسلتا سطوح متشابهتين بان كانت السطوح المتناظرة منها  
متناسبة ولها ميل واحد على سطح الافق يصدق ايضاً الحكم المذكور وهو ان  
اوقات النزول عليها كجذور المائلة لأطوالها

ليكن اب س د و أ ب س د (شكل ٦٠) متشابهين وليرسم اف

شكل ٦٠



و أ ف أفنيين ونخرج السطوح السفلى لتلاقيها فيبرهن على الفور ان كل  
الأضلاع المتناظرة من الشكلين متناسبة وأجزاءها المائلة ايضاً متشابهة. لتفرا

واب وقت النزول في اب وهم جراً فلنا

واب : وَاَبَ :: ١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ

وي ب : وي بَ :: ١٦٠ ب : ١٦٠ بَي بَ :: ١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ

و وي س : وي سَ :: ١٦٠ س : ١٦٠ سَي سَ :: ١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ

فاذن بالطرح وب س : وب سَ :: ١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ

وعلى هذا الاسلوب وس د : وس دَ :: ١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ

اذن بالجمع و (اب + ب س + س د) : و (اَبَ + بَ س + سَ د) ::

١٦٠ اب : ١٦٠ اَبَ :: ١٦٠ (اب + ب س + س د) : ١٦٠ (اَبَ + بَ س + سَ د)

ومع ان في الانتقال من سطح الى اخر خسارة فلا تزال القضية صحيحة

لانه اذ كانت الزوايا متساوية فالحسائر متناسبة الى السرعات الاخيرة ولذلك

السرعات الابتدائية على السطوح التالية تبقى على النسبة نفسها التي كانت لها

قبل الحسائر فتناسب الاوقات لا يتغير

ان البرهان المذكور يصدق فيما اذا كان عدد السطوح في كل سلسلة

يزداد الى غير نهاية حتي تصير منحنيات متشابهة وميلها على سطح الافق متشابهة.

فاذا فرضنا ان هذه المنحنيات اقواس دوائر فلكونها متشابهة هي متناسبة

لانصاف اقطارها . فاوقات النزول على اقواس متشابهة كالا جذار المائلة

لانصاف اقطار تلك الاقواس

### مسائل على السطح المائل

س' كم من الوقت يتنضي لجسم ان ينزل ١٠٠ قدم على سطح طوله

١٥٠ قدماً وعلوه ٦٠ قدماً ج ٢٢٢ ثانية

س' طريق حديد لها سطح مائل طوله ٢ ١/٢ ميل وميله ١ في ٣٥ فاي

سرعة لعباية بالنزول على كل طول الطريق بثقلها فقط

ج ١٠٦٢٢ ميل في الساعة

س<sup>٢</sup> جسم يزن ٥ ارطال سقط على خط متسامت وجرّ اخر وزنه ٦  
ارطال على سطح ميله ٤٥° فكم يتزل الجسم الاول في ١٠ ثوان  
ج ٢٤٤٤ قدم

س<sup>٣</sup> يوجد على جانب جبال الباني سويسرا منزل يُرى عليه اخشاب  
من الجبال فتتدر الى بحيرة عند منح الجبل ومن ثم تتدر في نهر راين. طول  
الزلن ثمانية اميال وطوله ١٢٦٢٢ قدماً ففي اي وقت تهبط شجرة من اعلاه  
الى سفحه بدون التلفات الى الفك ج ٥٧ ثانية ٤ دقائق

١٢٠ اذ ارفع الرقاص الى جانب واحد من موقع سكونه  
الى علو ما أُقِلت ينزل وبا لرخم الاخير الذي يحصله عند وصوله  
الى موقع سكونه يصعد على الجانب المقابل الى ذلك العلو نفسه  
حيث تنزله الجاذبية كما انزلته قبل. ولولا مانع صد الهواء لدام  
خطرانه

الخطرة المفردة لرقاص هي حركته من النقطة العليا على  
جانب واحد الى النقطة العليا على الجانب الاخر. والخطرة  
المزدوجة هي تحركه من النقطة العليا على الجانب الواحد الى ان  
يرجع اليها

محور الرقاص خط مرسوم في مركز ثقله عمودياً على محوره  
الافقي الذي يدور هو عليه

مركز خطران رقاص هو تلك النقطة من محوره التي لو



جُمِعَتْ عندها كل مادته لا يتغير وقت خطرة من خطراته  
طول رقاص هو ذلك الجزء من محوره بين نقطة التعليق  
ومركز الخطران

جميع كتل الرقاص توهم في نقطة محوره. فالتى فوق مركز  
الخطران من شأنها ان تخطر اسرع (رقم ١١٩) فتزيد سرعته  
والتي تحته من شأنها ان تخطر ابطا فتقلل سرعته. ولكن حسب حد  
مركز الخطران المذكور هذا التسارع وذلك التباطى يوازن احدهما  
الاخر عند تلك النقطة

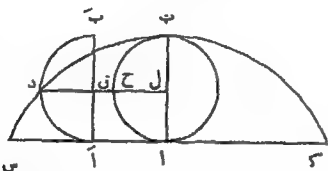
١٢١ انه لما كان قوس خطرة مفردة لرقاص يتغير كطوله  
بمقتضى خصائص الدائرة وبموجب (رقم ١١٩) يتغير الوقت  
كجذر بين القوس فوق خطرة مفردة يتغير كجذر طول الرقاص.  
ويستعلم طول رقاص وهو البعد بين نقطة التعليق ومركز  
الخطران اذا فرض وقت خطرة مفردة او يستعلم وقتها اذا فرض  
طوله بهذه النسبة وهي

وقت خطرة مفردة: وقت السقوط في نصف طول الرقاص  
١٥٩:١٤٣:١. اما برهان هذه النسبة فيقتضى ان نبحث عن  
خصائص شكل هندسي يقال له الكيكلويد

١٢١ الكيكلويد خط منحن ترسمه نقطة في محيط دائرة تدار على خط مستقيم والنقط المستقيم الذي تدار عليه الدائرة يلاقي منحن الكيكلويد في طرفيه

للمدار الدائرية احب دورة واحدة على الخط ساك الذي بالضرورة

شکل ۷۰



س د ت ك المرسوم لتلك

النقطة من الدائرة التي كانت

### مماسة للنقطة من حينها ابتداء

## ان تدور الدائرة يعرف

بالإيكليد . وإذا نصف الخط  $س ك$  في  $ا و$  رسم  $ا ب$  عموداً عليه فواضح من كيفية رسم المنحني انه يكون له جزءان متشابهان على جانبي  $ا ب$  وان نقطة السميت  $ب$  توضع بحيث محور الإيكليد  $ا ب$  يساوي قطر الدائرة التي رسمته . اما خصائص المنحني المذكور التي يتوقف عليها برهان النسبة المذكورة . (رقم ١٢١) فهي ما يأتي .

١٢٣ معين الكيكلويد د ح يساوي قوس الدائرة ب ح . لانه اذا  
فرض ب د أ ( شكل ٦٠ ) موقع الدائرة اذ تكون النقطة الرأسية المنحني عند  
د . ارسم القطر ب أ بوازي ب ا ومن د ارسم د ح ل بوازي س ا فالقوس  
د أ - القوس ح ا فالجيبان د ق ح ل متساويان فانا د ح - ق ل - أ أ  
- س ا - س أ - نصف المحيط ب ح ا - القوس ح ا - القوس ب ح

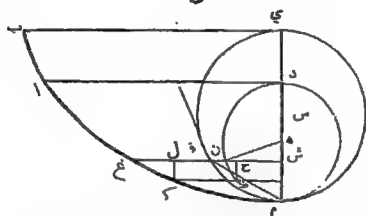
١٣٤. تماس الكليكلويد عند اي نقطة مثل بي (شكل ٦١) يوازي  
الوتر الذي يقابله ب. ك من الدائرة الراسمة. ا رسم د ح ل قريبة الى غير  
نهاية الى ح ك م. ا رسم ب ك و اخرجه الى ك ف المثلث ح ك ك ي شابة المثلث ك ر ب  
الذي ضلعه المماسان ك ر ب و اللذان يمسان الدائرة عند النقطتين ك و ب



١٢٥ ان وقت النزول على كيكلويد الى النقطة السفلى منه هو واحد ابداً اذا ابتداء الجسم ان يستط من اي نقطة كانت. ووقت النزول في نصف كيكلويد : وقت النزول في قطر الدائرة الراسية له :: نصف محيط الدائرة : قطرها

لنکن ی ف م (شکل ۶۲) دائرة قطرها ی م عامودي علی سطح  
شکل ۶۳

شکل ۶۲



الافق وب غ م نصف الكيكلويد المتقابل . وليتبد الجسم ان يسقط من اي نقطة كانت مثل ا . ارسم ا د بوازي م ب ي وعلى م د قطري ارسم الدائرة د ن ط م مركزها عند ه

احسب ت - د م و س - س ي نصف قطر الدائرة الكبرى و ص -  
د ش ولنفرض السرعة عند غ - س ولان القوس غ ك صغير جداً نحسب  
السرعة عند غ مثل التي عند ك . ثم وقت التزول في القوس غ ك يكون  
 $\frac{\text{غ ك}}{\text{س}} - \frac{\text{غ ك}}{\text{ص}}$

وبمشابهة المثليات كل  $\frac{2}{\text{مش}} - \frac{2(\text{مش} \times \text{مش})}{\text{مش}} - \frac{2}{\text{مش}}$  (1)

$$(r) \quad \frac{0.0}{(0.05 \times 0.05)} = \frac{0.0}{0.0025}$$

ثُمَّ كَلَّ - طَح فَبَقِيَّةُ (١) عَلَى (٢) تَصِيرُ

$$\frac{5}{10} - \frac{1}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{2} - \frac{1}{10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$

غ ک -  $\frac{r}{n} \times (2r \text{ ص}) \times n \text{ ط}$

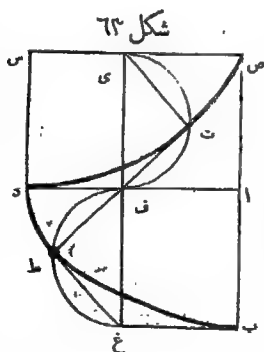
ووقت التزول في غ ك -  $\frac{r}{n} \times \frac{(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{r}{n} \times \frac{1}{\tan \alpha}$

وعلى هذا الأسلوب يبين ان وقت النزول في اي قوس آخر صغير  
احد الاجزاء التي يتألف منها المنحني هو  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}}$  مضروباً في القوس المتقابل  
من المحيط دن ط م . فينتج ان وقت النزول في قوس الكيكلويد ام هو  
 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}}$

ولما كانت هذه العبارة لوقت النزول في ام مستقلة عن ت يتضح جلياً  
ان وقت النزول على كيكلويد الى النقطة السفلى هو واحد ابداً اذا سقط  
الجسم من اي نقطة كانت

وبما ان وقت السقوط في م هو  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}}$  فاناً  
وقت النزول في ام : وقت السقوط في م ::  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} : \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}}$   
 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{g}} :: 2 : 1$  :: نصف المحيط : النظر

١٢٧ اذا نُشِرَ تماس نصف كيكلويد ملتف عليه كحيط  
ورسم طرف المماس منحنيًا فذلك المنحني مثل نصف الكيكلويد  
هيئةً ومقداراً



خذ خطاً مثل ص س (شكل ٦٣)  
وارسم ص عموداً عليه واجعل ص س  
: ص ا : نصف محيط دائرة : قطرها  
وكمل المتوازي الاضلاع ص س د ا .  
واخرج ص الى ب جاعلاً ا ب -  
ص ا . وعلى ص س وادارم نصفين  
كيكلويد ص د و د ب سميت الاول  
عند د والاخر عند ب . ثم ان كان

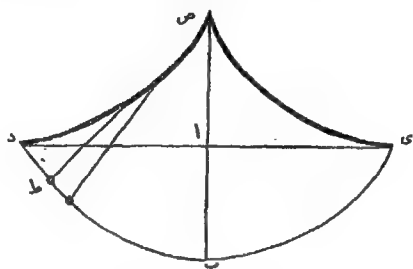
المماس ينشر مبتدئاً عند د حتى تصل نقطة المماس الى ص فطرفه يكون

أبداً في نصف الكيكلويد د ب لانه في اي نقطة مثل ف في ا د ا رسم ي ف  
 غ عمودياً على ص س . ثم ي غ - ص ب وعلى ي ف وف غ ا رسم نصفين  
 الدائريتين ي ت ف ف ط غ وارسم الوترين ت ف ف ط فاولهما (رقم ١٢٢)  
 تماس الكيكلويد عند ت . ثم ص ي - القوس ي ت و ص س - ي ت ف  
 فاذا س ي - د ف - القوس ت ف . ولكن د ف - ف ط فاذا القوسان  
 ف ت وف ط متساويان والزوايتان المتقابلتان كذلك ي ف ف غ ط .  
 واذا كانت زاويتا و ط قائمتين ي ف ت - ط ف غ و ط ف ت  
 خط مستقيم . ثم ان ت ط - ٢ ت ف - (رقم ١٢٥) قوس الكيكلويد  
 ت د . فيكون ت ط مماساً منشوراً من د و ط طرفه . وهكذا يبرهن ان  
 اي نقطة غير ط من نصف الكيكلويد د ب هي طرف تماس منشور من  
 د عن نصف الكيكلويد ص د فالتماس المذكور يرسم نصف الكيكلويد  
 د ب . فاذا نزل ثقل معلق بخيط ملتصق على ص د ورسم د ب يكون  
 نزوله من د الى ب مثل تدحرجه على سطح د ب غير معلق لانه واضح  
 ان شد الثقل في الخيط معلقاً ب ب بتزوله في ب د مثل ضغطه على السطح  
 ب د بتزوله غير معلق . وهكذا يقال في نزول الرقاص في نصف قوس  
 خطرته

١٢٨ قد يصطنع الرقاص احياناً حتى يخطر في كيكلويد  
 بتعليق ثقل في طرف خيط اين معلق بمسار عند ملتقى نصفين  
 كيكلويد طوله طول احد النصفين . فيكون وقت خطرة  
 مفردة: وقت السقوط في نصف طول الرقاص ١:٢٢١٤١٥٩٠٠  
 ليعلق الخيط ص ب في مركز الحركة ص حيث يلتقي نصف الكيكلويد  
 ص د و ص ي . وليكن طول الخيط ص ب - طول ص د او ص ي

فحسب (رقم ١٢٦) الثفل ط يرسم الكيكلويد د ب ي ويوجب (رقم ١٢٦)

شكل ٦٤



وقت النزول في ط ب من اى نقطة كانت مثل ط : وقت النزول في  
ا ب :: نصف المحيط : القطر ويتضعيف السابقين تكون النسبة هكذا

وقت النزول في خطرة مفردة : وقت السقوط في نصف طول

الرقاص :: ١ : ٣٢١٤١٥٩

١٢٩ لما كانت النسبة المذكورة في اخر الرقم السابق نصح ابداً لاي

نقطة ابتدئ بالنزول منها فكل خطرات رقص الكيكلويد ثم في اوقات

متساوية مها كان طول كل خطرة. ولكن ذلك لا يصح في منحٍ اخر خلاف

الكيكلويد . غير ان قوساً صغيراً جداً من كيكلويد عند النقطة السفلى ب

واضح انه يطابق قوس دائرة مركزها عند ص . فاذا خطر رقص في

اقواس صغيرة جداً يصح ما قيل بالتجربة . وهوائه في رقص دائرة اقواس

غير متساوية ايضاً يمر فيها الرقاص في اوقات متساوية . وان وقت خطرة

الى وقت السقوط في نصف طول الرقاص كنسبة ١ : ٣٢١٤١٥٩ . ولهذا

السبب رقص ساعة فلكية يعلق بمركز الحركة منها حتى يخطر في اقواس

صغيرة

١٣٠ لاجل وضع قواعد لمعرفة طول الرقاص ووقت

## خطرة مفردة منه وقوة الجاذبية

افرض و- وقت خطرة رقاص وط طولة اي البعد من مركز الحركة  
الى مركز الخطران فوقت السقوط في نصف طولة -  $\frac{1}{2} \left( \frac{g}{r} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{g}{r} \right)$   
وافرض م -  $214109$  وج -  $16\frac{1}{2}$  فتكون النسبة هكذا

$$و : \frac{1}{2} \left( \frac{g}{r} \right) :: م : 11 \text{ او } - \frac{1}{2} \left( \frac{g}{r} \right) \text{ وط } - \frac{g}{r}$$

فاذا عرف طول الرقاص يستعلم وقت خطرة واحدة . ومن الجهة  
الاخرى اذا فرض وقت خطرة يستعلم منه طول الرقاص  
ويتبع لنا من العبارة ايضاً ان  $و$  و  $ط$  اولنا هذه القاعدة

الوقت الذي فيه يخطر رقاص خطرة يتغير كالجذر المالمالي  
من الطول . وذلك يطابق ما نقرر (رقم ١١٩)

وكان  $و$  و  $ط$  كذلك  $ط$  و  $و$  . فاذان كان طول رقاص  
يخطر ثواني يساوي  $ط$  فرقاص يخطر مرة في ثانيتين يساوي  $٤ ط$  واخر  
يخطر انصاف ثوان يساوي  $\frac{ط}{٤}$  وقس عليه

ثم اذا فرض طول رقاص يخطر في وقت مفروض نستعلم قوة الجاذبية  
ج . لانه اذا كان  $ط - \frac{g}{r}$  تكون ج -  $\frac{g}{r}$  . وان تغيرت ج كما تتغير في  
اعراض مختلفة واعالي مختلفة تكون  $ط - \frac{g}{r}$  ج و  $و$  . وان كان الوقت  
كثانية مثلاً ثابتاً فان  $ط$  و  $ج$  فلنا هذه القاعدة

طول رقاص يخطر ثواني يتغير كقوة الجاذبية او الجاذبية  
تتغير كطول رقاص

ايضاً و  $و$  و  $ط$  اي وقت خطرة يتغير بالاستقامة كالجذر المالمالي من



الطول وبالفلب كالجذر المائي من الجاذبية . وذلك يطابق ما قبل  
(رقم ٧٧)

لما كان عدد الخطرات ع في وقت مفروض يتغير بالفلب كوقت خطرة  
واحدة فإذا ع  $\frac{1}{2}$  أو ع  $\frac{1}{4}$  ط بالفلب وج  $\frac{1}{2}$  ط ع . فإذا كان الوقت  
وطول رقص مفروضين فلنا هذه القاعدة

### قوة الجاذبية تتغير كمربع عدد الخطرات

١٣١ لما كانت الجاذبية تتغير كطول رقص او كمربع  
عدد خطراته كما تقرر في الرقم السابق وبموجب (رقم ٣١) تتغير  
بالفلب كمربع البعد عن مركز الأرض فطول رقص مع بقاء  
الوقت لخطرة مفردة او مربع عدد الخطرات مع بقاء الطول  
كلٌّ منها يتغير بالفلب كمربع البعد عن مركز الأرض . فمن  
هذه النسبة نتوصل الى معرفة علو مكان عن سطح الأرض او  
نصف قطر الأرض غير الاستوائي كالذي عند القطبة لانه  
يقصر عن الاستوائي بالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو احدى  
القطبتين الى ان يصير الاقصى هناك

لنفرض ك - علو جبل وم - نصف قطر الأرض وج - القوة على سطح  
الأرض وو - وقت خطرة مفردة لرقاص هناك وج - القوة على الجبل  
وو - وقت خطرة له هناك وخ - عدة الخطرات على سطح الأرض في  
ساعة وخ - عدة الخطرات التي يجسرها الرقص في ساعة على راس الجبل



عرف طول الاول ونصف القطر الاستوائي ونصف القطر القطبي يستعمل  
 طول رقص يخطر ثواني عند القطبة من العبارتين المذكورتين  
 ثم لنفرض خ - خطرات رقص على خط الاستواء وخ - خطرات عند  
 القطبة مع بقاء طول فلنا ما مر

خ : خ :: س : س<sup>٢</sup> او

خ : خ :: س : س

وس - خ<sup>٢</sup> - خ<sup>٢</sup> وخ - خ<sup>٢</sup>

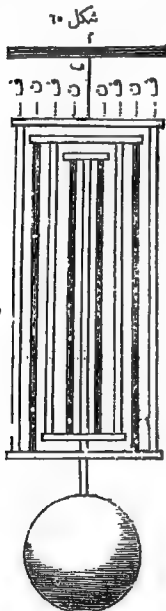
ومن هاتين العبارتين يستعمل نصف قطر الارض القطبي او عدد  
 المخاطر هناك مع بقاء طول الرقص على حاله

١٢٢ ان صد الهواء والفرك على نقطة التعليق يعوقان الرقص  
 في نزوله وصعوده في كل خطرة ولاجل التعويض عن ذلك  
 جعلوا له في الات الساعة دفاساً يدفعه قليلاً بحيث يتعوض  
 عن القوة والسرعة التي خسرها بالفرك وصد الهواء ويدوم متحرراً.  
 ولولا الفرك وصد الهواء لكان اذا تحرك يبقى متحرراً الى الابد بدون  
 واسطة. لانه بالجاذبية يصل الى خط الجهة ثم بالسرعة التي  
 اكتسبها يصعد الى علي مساو للعلو الذي يهبط منه كما مر ثم يرجع  
 كذلك وهكذا يدوم متحرراً

١٢٣ ثم انه يحصل عدم ضبط في الساعات الدفاعة من  
 تاثير الحرارة والبرودة لان الشريط المعلق به الرقص يطول صيفاً  
 ويقصر شتاءً ولان عدد المخاطر في وقت تغير كجذور الاطوال

بالقلب فتقصّر الساعة عند ما يطول صيفاً وتسبق عند ما يقصر  
شتاءً بنسبة جنود الاطوال . فلاجل ازالة هذه المخنور قد اخترع  
رقاص يضبط الوقت تماماً فلا تطوّل الحرارة ولا تقصر البرودة  
وهو من المخترعات اللطيفة

وليان ذلك نقول انه قد وجد بالامتحان ان نسبة تمدد النحاس



الاصفر الى تمدد الفولاذ هو كسبة ٦١:١٠٠  
اذا كانا متساويين طولاً فيقتضي ان يكون  
النحاس ٦١ عقدة مثلاً والفولاذ ١٠٠ عقدة  
لكي يزيد طول النحاس بمقدار زيادة طول  
الفولاذ او ينقص بمقدار نقصانه . فاذا ارتفع  
النحاس حيث ينثر وهبط الفولاذ يبقى طول  
الرقاص على حاله . لكن رقصاً وتكن  
النضبان الخمسة المدلول عليها بالحرف ف  
فولاناً والاربعة التي عليها الحرف ن نحاساً  
ولتكن مركز الحركة فييان واضحاً من الرسم ان  
قضبان الفولاذ بالحرارة تطول الى اسفل فتطيل  
الرقاص بينما تلك التي من نحاس ترتفع الى  
اعلى فتقصّر لكونها ثابتة في الاسفل وبالبرودة  
تقصّر هذه الرقاص وتطول تلك وقد جعل

طول التي ترفع الرقاص الى طول التي تتركه كسبة ٦١:١٠٠ فيرتفع  
بمقدار ما يهبط بالحرارة لويهبط بمقدار ما يرتفع بالبرودة فيبقى محفوظاً على

طول واحد ولا تختلف عدة خطراته بل يحفظ الوقت بكل تدقيق . واول مخترع لهذا الرقاص رجل اسمه هرسون انكليزي فاكرم اكراماً زائداً بشأن هذا الاختراع باعطاء جائزة معتبرة

### مسائل في الرقاص

س<sup>١</sup> ما هو طول رقاص بخطرتي ثواني حيث الجسم يسقط  $1\frac{1}{2}$  قدمًا في الثانية ج ٢٩٢١١ عقدة

س<sup>٢</sup> اذا كان طول رقاص بخطرتي ثواني ٢٩٢١١ عقدة فكم يقتضي ان يكون طول رقاص بخطرتي عشر خطرات في الدقيقة ج ١١٧٢٣٣ قدمًا س<sup>٣</sup> في لندن طول رقاص بخطرتي ثواني ٢٩٢١٢٨٦ عقدة فما هي السرعة التي لجسم ساقط في اخر الثانية الاولى اعني ج

ج ٢٢٢١٩ قدمًا

س<sup>٤</sup> نقلت ساعة دقاقة تضبط الساعات من خط الاستواء الى القطبة فكانت تسبق ١١٢٨٤٤ في الساعة ونصف قطر الارض الاستوائي ٧٩٢٥٢٥ ميلًا فكم هو القطر القطبي ج ٧٨٩٩٢٥ ميلًا

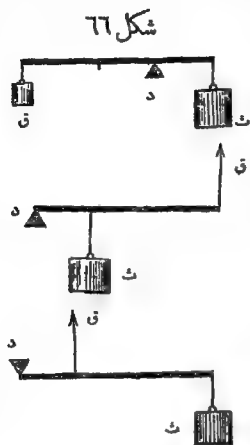
# الباب الثالث

في الميكانيكيات وفيه ستة فصول وخاتمة

## الفصل الاول

في الخل والنبان والميزان

١٣٣ علم الميكانيكيات هو البحث في ما يتعلق بالالات .  
وميكانيكيات كلمة منسوبة الى ميكانيكا لفظة يونانية معناها آلة  
ان الات تقسم الى قسمين بسيطة ومركبة فالبسيطة  
ويقال لها ايضاً القوات الميكانيكية ست وهي الخل والدولاب  
والبكرة والسطح المائل والبرغي والسفين . والمركبة هي ما تركبت  
من اكثر من واحد من هذه الستة . وعند المحصر يمكن ان نجعل  
نوعين وهما الخل والسطح المائل لان مرجع الكل اليهما كما سيأتي .  
اما الخل فهو عصاً من حديد او من مادة اخرى توضع على نقطة  
لكي يتحرك طرفاها حول تلك النقطة كمركر حركة ويقال لتلك  
النقطة دارك ويقال لجزئي الخل الواقعين على جانبي الدارك



ذراعاه. ثم ان المخل ينقسم الى  
ثلاثة انواع النوع الاول ما كان  
فيه الدارك بين القوة والثقل .  
والثاني ما كان فيه الثقل بين  
القوة والدارك . والثالث ما  
كانت فيه القوة بين الثقل  
والدارك كما ترى في هذه الرسوم  
حيث يدل ق على القوة ود على  
الدارك و ث على الثقل في الثلاثة

١٢٤ انه لو اوضح انه اذا رفع مخل من الصنف الاول ثقلاً  
بقوة ما فلا بد ان تلك القوة توازن ذلك الثقل والأفلا يرتفع  
فتكون نقطة الدارك عبارة عن مركز الثقل للجسمين  
النسبة الكائنة بين القوة والثقل اذا توازنا على مخل هي كنسبة  
بعد احدها عن الدارك الى بعد الاخر بالقلب او كذراعي المخل  
بالقلب كما مر في مركز الثقل

وهذان ذلك ليكن ا و ب وس ثلثة افعال متساوية متصلة بشرائط  
تلتقي في مراكز ثقلها على هيئة مثلث . فواضح ان مركز الثقل لجسمي ا و ب  
هو في منتصف ا س لكونها متساويتين . لنفرض د المنتصف ا وصل بين  
د و ب فاذا وضع مثلث ا ب س على حرف مستطيل ينطبق خط د ب





فاذا دار ب الى س حول المركز د في ثانية يتحرك الى ي في نفس الوقت

اي في ثانية فيكون زخم  $ا - ا \times ا$  اي وزخم

ب - ب  $\times$  ب س ومن حيث ان اوب

قد فرض كونها متوازيتين فيكون زخم

الواحد مساوياً لزخم الاخر اذا  $ا \times ا - ب \times ب$  فنسبة

ا : ب :: القوس ب س : القوس ا ي

ولكن ب د : ا د :: القوس ب س : ا ي القوس

اذا : ا : ب :: ب د : ا د

اي ان القوة الى الثقل كبعد الثقل عن الدارك الى بعد القوة عنه

فيكون  $ا \times ا - ب \times ب$  د ولذلك يحسب  $ا \times ا$  د زخماً للجسم اوب

$ب \times ب$  د زخماً للجسم با اذا اعتبرنا زخم احدها مع زخم الاخر

لفرض ان القوة - ق (شكل ٦٩) والثقل - ث وب د - بعد الثقل عن

شكل ٦٩

الدارك و د س - بعد

القوة عنه في المخل الاول

فحسبها تبهرن نسبة

ق : ث :: ب د : د س

وتحويل هذه النسبة

تصير ق -  $\frac{ث \times ب د}{د س}$  او ث -  $\frac{ق \times د س}{ب د}$  او د س -  $\frac{ث \times ب د}{ق}$  اوب د -

$\frac{ق \times د س}{ث}$  فاذا عرفت ثلاثة من هذه الاربعة وجهلت الرابع مها كان يستخرج

بحسب هذه العبارات

١٢٥ ثم في هذا النوع من المخل الضغط على الدارك = مجموع

الثقل والقوة لانها مستقران عليه كما اشرنا الى ذلك في البرهان

على النسبة المذكورة آنفاً وهي ث : ق :: دس : ب د وجميع هذه النسبة تصير نسبة ث + ق : ق :: دس + ب د : ب د وإذا فرضنا د = الثقل الضاغط على الدارك يكون د = ث + ق وإنما دس + ب د = ب س أي طول الخلل كله وبالتعويض تصير النسبة الأخيرة

وهكذا د : ق :: ب س : ب د

يبرهن أن نسبة د : ث :: ب س : دس

أي نسبة الثقل الضاغط على الدارك : واحد من الثقل والقوة :: طول الخلل : بعد الدارك عن الآخر

١٢٦ ولا فرق في ذلك بين أن يكون ضغط الخلل على الدارك إلى

شكل ٧٠



أسفل كما مر أو إلى أعلى إذ يكون الدارك فوق الخلل كما ترى (شكل ٧٠).  
فإنه يتبين بالبرهان السابق نفسه صحة النسبة المذكورة أي أنه إذا توازن الثقل والقوة فنسبة أحدهما : الآخر :: بعد الآخر عن الدارك : بعد الأول عنه

ويتبرهن أيضاً كما تبرهن سابقاً ان نسبة الثقل الضاغط على الدارك :  
 احد الثقل والقوة :: طول المخل : بعد الدارك عن الآخر  
 تنبيه . يجب ان يلاحظ انه اذا تحرك ذراع المخل معا في جهة ضغط  
 المخل على الدارك كما اذا التوى ذراعه محمولاً على ظهر دابة وتحرك معها الثقل  
 والقوة فالدارك يحمل أكثر من الثقل والقوة اذ يحمل حيث يتركز كل منهما  
 اما النوع الثاني والنوع الثالث من المخل فتصدق عليها النسبة المذكورة  
 عيها . لانه اذا نظرنا الى النوع



شكل ٧١

الثاني كما في ( شكل ٧١ ) نرى  
 واضحا ان الثقل هنا كالدارك  
 الضاغط الى اسفل فوق المخل  
 في النوع الاول من المخل

( شكل ٧٠ ) والدارك ب هنا الضاغط الى اعلى كالثقل هناك

فاذا وضعنا ث هنا موضع د هناك وب موضع ث كذلك

فلنا ( رقم ١٢٥ و ١٢٦ ) ث : ق :: ب : س : ب : د

ث : ب :: ب : س : د : س

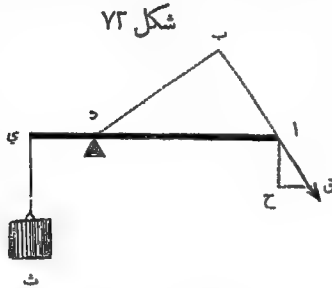
فنرى من ملاحظة هاتين النسبتين ان الثقل والقوة نسبة احدهما :  
 الآخر :: بعد الآخر عن الدارك : بعد الاول وهي ذات النسبة المذكورة  
 للمخل الاول

وعلى هذا الاسلوب يمكن ان يبرهن ان هذه النسبة تصدق على المخل  
 الثالث . وعلى كل حال يظهر انه كلما ابتعدت القوة عن الدارك توازن  
 ثقلاً اعظم . لانه مع بقاء ق وب د يتغير ث في الاولى من النسبتين  
 المذكورتين كغير ب س وهكذا في نسبة المخل الاول والثالث

١٢٧ يجب ان تلاحظ جهة القوة والثقل . فان جعلت

جهتها القوة والثقل مع الخل زاويتين متساويتين والافلاتح  
النسبة المذكورة بل تكون القوة : الثقل :: عمودي من الدارك  
على جهة الثقل : عمودي منه على جهة القوة

مثاله ليكن اى محلاً موازياً لسطح الافق دارك د ولنفعل القوة ق  
في هذا الخل على جهة اق غير العمودية ولنفعل الثقل على جهة عمودية يث.



اخرج اق الى ب واجعل دب  
عمودياً عليه ومن ق ارم خط  
ق ح موازياً للافق وارسم اح  
عموداً عليه فتكون اق قد  
انحلت الى قوتين اح وح ق  
وتكون اح هي الفاعلة ضد  
الثقل ث وبالموازنة يكون لنا

بوجب نسبة الخل اح  $X$  اد - ث  $X$  ي د وانما اح ق واب د متساويتان  
لكونها قائمتين وب اد - اق ح الداخلة المتقابلة فمثلاً اب د واح ق  
متشابهان ونسبة اق : اح :: اد : ب د وتحويلها نصير اح  $X$  اد - اق  $X$   
ب د وقد بينا ان اح  $X$  اد - ث  $X$  ي د فاذا اق  $X$  ب د - ث  $X$  ي د  
وقد جعل اق للدلالة على القوة فتكون القوة مضروبة في العمودي من  
الدارك على خط جهتها بعد اخراجها - الثقل  $X$  بعده عن الدارك أي نسبة  
ق : ث :: ي د : ب د . فاذا اذا كان ذراعاً الخل خطين منحنيين اوليسا  
على استقامة واحدة يوجد طولاهما اللذان تصدق عليهما النسبة برسم عمودين  
من الدارك على جهتي القوة والثقل

ويجوز ان نحول القوة عند ق الى قوة فاعلة عند ح عمودية على سطح

الافق بهذه النسبة ا ق : ا ح :: القوة عند ق : القوة عند ح ثم تجري النسبة بموجب نسبة المخل . ولا يخفى ان هذه الطريقة اسهل عند اعتبار ثقل المخل ١٢٨ فيما مر لم نلتفت الى ثقل المخل وكنا نحسبه خطأ هندسياً لا ثقل له . ولكن اذا اعتبر ذلك وكان ذراعاه غير متساويين فلا يعرف الدارك الحقيقي بنسبة المخل المذكورة لان الذراع الاطول يساعد القوة على ان تقيم اكثر من الثقل المفروض فيجب ان يكون الدارك اقرب قليلاً للقوة عن مكانه الذي يستخرج بالنسبة وسياتي الكلام على معرفة الدارك الحقيقي . وانما اذا جعلنا ذراعي المخل متوازنين ووضعنا الثقل والقوة على جانبي الدارك فلا يحصل خلل في النسبة

فاذا كان الدارك د منتصف ا ب ( شكل ٧٣ ) وعلقنا بالمخل ثقلاً مثل ث عند س وثقلاً اخر مثل ق عند ح و ازن ق تصدق حينئذ  
شكل ٧٣                      شكل ٧٤



نسبة المخل وهي ث : ق :: ح : د :: د س اي ث  $\times$  س د - ق  $\times$  ح د . وذلك لان المخل قد توازن في د فلا يميل مع القوة ولا يميل مع الثقل فكانها تعلقا على خط هندي . ومثل ذلك اذا علق ثقل مثل ح على الذراع الاقصر

ا د في نقطة مثل س كما في (شكل ٧٤) بحيث اذا رفع ث وق يتوازن  
المخل ا ب في د بواسطة الثقل ح فلا غلط في النسبة لما مر. وقبل ان نعرف  
الدارك الحقيقي يجب ان نجد عبارة ثقل المخل

١٢٩ اما طريقة معرفة ثقل المخل فهي كما يأتي . لنفرض ان ا ب  
مخلاً ضعته على دارك عند د حتى يكون ذراعاه ا د و د ب غير متساويين  
ثم علق ثقلاً مثل ق حتى يجعل المخل ا ب موازياً في نقطة مثل ل واجعل  
د س - ا د واقسم س ب الى نصفين في ح. فلا يخفى ان الثقل ق عند توازن  
المخل يكون قد وازن ثقل س ب فضلة الذراعين لان ا د و د س متساويان  
فهما متوازنان واما مركز ثقل س ب فهو في المتصف ح فكانه علق من ح

شكل ٧٥



ثقل - س ب ووازنة ق افرض ثقل س ب - ث فحما مرق  $X$  ل د -  
ث  $X$  ج د وإنما ح د - س د + ح س وهما نصفاً جزئي المخل ا س و س ب  
فتكون ح د - نصف المخل كله -  $\frac{1}{2}$  ا ب فتكون ق  $X$  ل د -  $\frac{ث \times ا ب}{س}$  و ث -  
 $\frac{ق \times ل د}{ا ب}$  اي ثقل فضلة ذراعي المخل اذا توازن في الثقل ق - ضعف ذلك  
الثقل  $X$  بعدد عن الدارك + طول المخل

وانما اتنازل اسطوانات ذات ثخن واحد تتغير كملاوعها فلنفرض ان  
ثقل المخل ا ب - ك وكما تقدم ثقل س ب -  $\frac{ق \times ل د}{ا ب}$  فيكون لنا هذه النسبة  
 $\frac{ق \times ل د}{ا ب} : ك :: ب س : ا ب$  وبالتحويل ك -  $\frac{ق \times ل د}{ب س}$

اي اذا توازن المخل بثقل معلق عند نقطة في الذراع الاقصر يعرف ثقل المخل بضرب مضاعف ذلك الثقل في بعده عن الدارك وقسمة الحاصل على فضلة طولي الذراعين . ولا يحصل فرق في العبارة اذا فعلت القوة ق الى فوق وضغط الدارك الى تحت فوالحالة هذه نبرهن العبارة على الاسلوب المذكور

١٤٠ اما الدارك الحقيقي فيعرف بان تصيف نصف ثقل

المخل الى كل من الثقل والقوة ثم نقول احدهما مع نصف ثقل المخل :

الآخر معه :: بعد الاخر عن الدارك : بعد الاول

ولبرهان ذلك لنفرض ا ب مخرلاً يتوازن عليه ث وق على الدارك

شكل ٧٦



( شكل ٧٦ ) . اجعل

د س - ا د فكا مر

يجب ان يتوازن الذراع

ا د للذراع ب د لكي

تصح النسبة وعلى ذلك

ينبغي ان نحذف من ث كمية توازن س ب فلنفرض تلك الكمية - ك

ولنفرض ثقل المخل - ث فحسب ما تقدم ث -  $\frac{ا د}{ب د} \times ث$  او ث -  $\frac{ا د}{ب د} \times ك$

$$و \frac{1}{2} ث \times (ب د - ا د) - ك \times ا د$$

$$وك - \frac{ا د}{ب د} \times ث \times (ب د - ا د)$$

وقد قلنا انه يجب طرح ك من ث لكي تصح النسبة اي ث - ك : ق

:: ب د : ا د

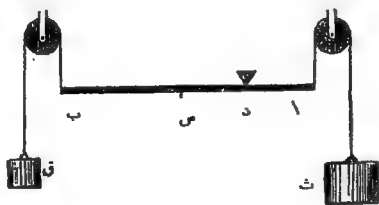
وتحويل النسبة نصير ا د  $\times$  ث - ا د  $\times$  ك - ق  $\times$  ب د

وبالتعويض عن قيمة ك نصير  $ا د \times ث - ث \times ب د + د \times ث + ث \times ب د - ا د \times ث$

وبالقل نصير  $ا د \times ث + ث \times ب د + د \times ث + ث \times ب د - ا د \times ث - (ث + ث \times ث) - (ق + ث \times ث) \times ب د$

وبحل هذه المعادلة الى نسبة  $ث : ث + ث \times ث : ق + ث \times ث : ب د : ا د$   
اي لكي نجد الدارك للنوع الاول من المخل مع اعتبار ثقل جرم المخل  
يجب ان يضاف نصف ثقل المخل الى كل من الثقل والقوة على حدة ثم  
تجري النسبة على ما تقدم

١٤١ ثم انه يجب طرح نصف ثقل المخل من كل من الثقل  
والقوة ايضاً اذا كانا يفعلان الى فوق والدارك يضغط الى اسفل  
مثالة في (شكل ٧٩) اذا توازن المخل ا ب في د تصدق النسبة ولكن  
بما ان دب اطول من ا د بمقدار س ب يشد ثقل س ب ضد ق فلا تصدق  
شكل ٧٩



ما لم يطرح من ق كمية توازن س ب فلنفرض تلك الكمية ك وثقل المخل  
ث فحسباً تقدم

$$ث - \frac{ا د \times ب د}{س ب} - ا د \times ث - \frac{ا د \times ب د}{ب د - ا د}$$



$$\text{وك} - \frac{\text{ا}^{\frac{1}{2}} \text{ث} \times \text{ب} - \text{ا}^{\frac{1}{2}} \text{ث} \times \text{د}}{\text{ب} \times \text{د}}$$

وبالنسبة ق - ك : ث :: ا د : ب د

وب د خ ق - ب د خ ك - ث خ ا د

وبالتعويض عن قيمته ب د خ ق -  $\frac{1}{2}$  ث خ ب د +  $\frac{1}{2}$  ث خ ا د - ث خ ا د

وبالنقل والفك ب د (ق -  $\frac{1}{2}$  ث) - ا د (ث -  $\frac{1}{2}$  ا)

وبالنسبة ق -  $\frac{1}{2}$  ث : ث -  $\frac{1}{2}$  ا :: ا د : ب ا ب

١٤٢ واما النوع الثاني من المخل فلنفرض ان ا ب مختلفاً من هذا

شكل ٨٠



الصنف القوة فيه عند ا

والثقل عند د والدارك

عند ب (شكل ٨٠).

فلا يخفى ان الثقل يشد

الى اسفل والقوة والدارك

الى اعلى ولذلك يكون الدارك فيه عوض الثقل في المخل الذي قد ذكر

قيل هذا والثقل هنا عوض الدارك هناك . فاذا اعتبرنا ثقل المخل

وفرضناه ث كما مر وفرضنا الضغط عند الدارك - ب يكون لنا ما مر

$$\text{ب} - \frac{1}{2} \text{ث} : \text{ق} - \frac{1}{2} \text{ث} :: \text{ا} \text{د} : \text{ب} \text{د}$$

وبجمع النسبة تصبح ب + ق - ث : ق -  $\frac{1}{2}$  ث :: ا ب : ب د

وانما تكون القوة والدارك بجهلان ثقل المخل والثقل معاً يكون

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ق} + \text{ب} - \text{ث} + \text{ث} \\ \text{ا} \text{و} \text{ق} + \text{ب} - \text{ث} - \text{ث} \end{array} \right. \text{ويكون ث : ق} - \frac{1}{2} \text{ث} :: \text{ا} \text{ب} : \text{ب} \text{د}$$

اي يجب ان يطرح من القوة فقط نصف ثقل المخل

لكي تصح النسبة في النوع الثاني من المخل

١٤٣ وأما النوع الثالث من الخلل كذا الرسم. فلنفرض ان القوة تفعل عند

شكل ٨١



د في الوسط فيمثلة الدارك الذي بفعل الى فوق في الخلل الاول والضغط على الدارك مثل القوة هناك ولنفرض ان الضغط على الدارك - ب فمن نسبة الخلل

$$ب + \frac{1}{2} \text{ ث} : \text{ث} + \frac{1}{2} \text{ ث} :: ا د ب د$$

ومجمع النسبة ب + ث + ث : ث +  $\frac{1}{2}$  ث :: ا ب : ب د

وانما تكون القوة هنا حاملة ضغط الدارك والثقل وثقل الخلل معاً يكون

$$ب + ث + ث - ق \text{ فبالتعويض يكون } ق : \text{ث} + \frac{1}{2} \text{ ث} :: ا ب : ب د$$

اي يجب ان يضاف في الخلل الثالث نصف ثقل الخلل الى

الثقل فقط لكي تصح النسبة

ولا يخفى انه اذا شد عند الموازنة الاوسط الى اعلى يشد ما

على الطرفين الى اسفل وبالعكس ولنا من ذلك قاعدة عمومية

لتصحيح النسبة في اي نوع كان من الثلاثة الخلل وهي اذا كان الاوسط

يشد الى اعلى يجب ان يضاف الى كل ما على طرفي الخلل نصف

ثقل الخلل والعكس بالعكس

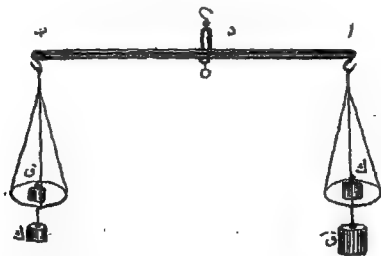
١٤٤ في الميزان والقبان. اما الميزان فهو آلة لمعرفة ثقل

المواد وهو من النوع الاول من الخلل بحسب العيار فيه قوة

والموزون ثقلاً ويجوز العكس والمصارفيه الذي يدور عليه

الميزان هو الدارك. وإذا كان يقصد فيه مساواة العيار بالموزون  
ليعرف الثاني من الأول فلاجل ضبط الوزن فيه يجب ان يكون  
ذراعه متساويين تماماً في الطول والوزن وان يتوازن كفتاه حتى  
يجعل الذراعين على موازاة سطح الافق. والأجصل خطأ في الوزن  
لأنه مما مريضه جلياً ان ثقلاً على الذراع الأطول يوازن أكبر  
منه على الأقصر وبالعكس وهذا النوع من الميزان يقال له ميزان  
الغش وبالأصطلاح الدارج الميزان الذي يأخذ ويعطي. فلنجد  
الوزن الحقيقي اذا وزننا ثقلاً في كفتي ميزان كهذا اضرب وزنه في  
أحدى الكفتين في الوزن في الأخرى وخذ الجذر المألي من  
حاصلها

لفرض ان ا ب ميزاناً قبه د وإد أقصر من د ب وزن فيه ك فوازن  
شكل ٨٢



ق العيار على الذراع الأطول الذي هو أصغر منه لما لا يخفى ثم رُفعا كلاهما

ووضع ك في الكف الثاني ووازن قَ الذي هو أكبر منه فحسباً مرك : ق ::  
 ب د : ا د و ك -  $\frac{ق \times ب}{ا د}$  وايضاً ك : ق :: ا د : ب د و ك -  $\frac{ق \times ا د}{ب د}$

وبضرب هاتين العبارتين نصيران ك<sup>١</sup> - ق X ق<sup>٢</sup> و ك<sup>٢</sup> - ق X ق<sup>١</sup> اى يوجد الوزن الحقيقي في ميزان غش لموزون ما بوزنه في كل من كفتي الميزان ثم باخذ الجذر المالى من حاصل الوزنتين

١٤٥ يوجد أنواع كثيرة من الميزان جميعها مصنوعة على المبدأ المذكور.

شکل ۱۲



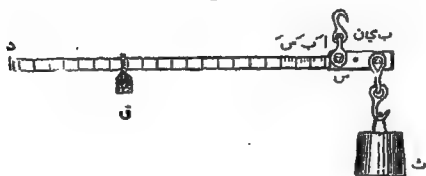
ولنذكر هنا هذا النوع من الميزان المدلول عليه بهذا الشكل . فانه يحتوي على مخل من ابس الحامل طرفه س ثقلاً ثابتاً وهذا المخل يدور على الدارك ب الذي هو مسار مغروز في العمود ج ح . والذراع ا معلق الكفة ي به . والرابع ف غ المفروض عليه درجات متصل بالعمود وعليه يتحرك المخل . من ب ا رسم

الخط الموازي للأفق  $\theta$  ويرسم عليه العمودين  $AK$  و  $DS$ . فمن ثم إن كان  
ب  $K$  و  $B$  د متساويين بالقلب كالثقل في الميزان  $Y$  والثقل الثابت  $S$   
فيكون الميزان موازاً (رقم ١٢٧). ولكن إن لم يكونا كذلك. يهتز الخلوس  
تبعداً عن الدارك أو تقرب إليه إلى أن تنف حيث يقتضي أن تكون الموازنة.  
وهذا الربع منقسم إلى درجات بوضع أوزان معلومة أولاً في  $Y$

١٤٦ اما القبان فهو ايضا من النوع الاول من الخمل ذراعه

غير متساويين مثل ب س و س د معلق به الثقل ق ليتحرك  
على الذراع الأطول س د حتى يوازن انتقالاً مختلفة معلقة على  
الطرف الآخر ب وهذا الثقل يقال له يضة القبان

فحسب ما مر بدون التفات الى ثقل الذراعين نسبة ق : ث :: ب : س :  
 اس اي ث  $X$  ب س - ق  $X$  اس وانما ق وب و س مفروض انها لا  
 يتغيران اذا ث  $\infty$  اس فان جعل س  $\infty$  آ ب س الخ متساوية اي س ب  
 -  $\infty$  اس آ و س س -  $\infty$  س آ فان وازن ق رطلاً عند آ فيوازن رطلين  
 عند ب وثلاثة ارطال عند س وهم جراً. ثم لنفرض ان عصا القبان التي هي  
 شكل ٨٤



من فولاذ لها ثقل وان زيادة ثقل الذراع الاطول س د على الاقصر س ب  
 تكون بمقدار انه اذا وضع الثقل المتحرك ق عند ي يجعل الذراعين متوازنين  
 فان وضع الثقل عند ب وكان موازناً للثقل ق معلقاً عند ا يكون لنا  
 ث  $X$  ب س - ق  $X$  اس + ق  $X$  س ي - ق  $X$  (اس + س ي) - ق  
 $X$  اي . واذ كانت ق وب س ثابتين اذا ث  $\infty$  اي فاصطناع القبان  
 والحالة هذه يكون كما تقدم . غير ان فرض الدرجات يجب ان يتندي من  
 ي . وقد اخترع انواع كثيرة من القبان يسهل ادراكها على من يعرف المبدأ  
 المذكور

١٤٧ المخل المركب . هو عدة امخال تجعل متحدة لكي تفعل معاً . ولا  
 يخفى انه كلما كثرت الامخال في التركيب تزيد نسبة الثقل الى  
 القوة فتدفع حيث تدفع قوة صغيرة ثقلاً كبيراً جداً كما ستري  
 ففي تركيب امخال متحدة معاً كما يدل عليه في ( شكل ٨٥ ) يحصل

توازن اذا كان ق:ث::ب:س X د ف X ي غ:ا:س X ب ف X د غ.  
وذلك لانه اذا فرض انه حصل التوازن وان القوات التي تعمل عند ب ود

شكل ٨٥



بدل عليها بجر في كور فاذن

$$ق:ك::ب:س:ا:س او ك - \frac{ق \times ا:س}{ب:س}$$

$$ك:ر::د:ف:ب:ف$$

$$ر:ث::ي:غ:د:غ اور - \frac{ث \times ي:غ}{د:غ}$$

وبضرب هذه النسب تصير ق:ث::ب:س X د ف X ي غ:ا:س X

ب ف X د غ

اي انه في الحل المركب القوات المتعابلة تكون متوازنة اذ تكون القوة  
الى الثقل كنسبة حاصل كل الاذرع على جانب الثقل الى حاصل كل الاذرع  
على جانب القوة

$$\text{ثم الضغط على الدارك س - ق + ك - ق + } \frac{ق \times ا:س}{ب:س} - \frac{ق \times ب:س}{ا:س}$$

$$\frac{ق \times ا:س}{ب:س} + \frac{ث \times ي:غ}{د:غ} - ف - ك + ر -$$

$$\frac{ث \times ي:غ}{د:غ} + \frac{ث \times د:غ}{ي:غ} - غ - ر + ث -$$

ولا تخفى على اللطيف ما مر في الحل البسيط معرفة طريقة التصرف اذا

اختلفت جهة القوة وجهة الثقل هنا فنقدر

## سوالات للتمرين

س<sup>١</sup> على طرف واحد من مغل مستقيم طوله سبعة أقدام عُلِّيَ ثقل مقداره ١٠ أرطال وعلى بعد ٥ أقدام من نقطة التعليق وضع دارك فكم يقتضي أن يعلق في الطرف الآخر لاجل حصول الموازنة ج ٢٥ رطلاً  
 س<sup>٢</sup> مغل من الصنف الثاني طوله ٢٥ قدماً ففي أي بعد من الدارك يقتضي أن يوضع ثقل ١٢٥ رطلاً حتى يقام بقوة تحمل ٦٠ رطلاً فأما عند طرف المخل ج ١٢

س<sup>٣</sup> مغل مستقيم اسطوانتي طوله ٤ أقدام ووزنه  $\frac{3}{4}$  ق ٦ ط طول ذراع الأطول ٩ والأقصر ٥ أقدام على طرف ذراع الأقصر علق ثقل ٤٠ ق ١٥ ط فاي ثقل يجب أن يوضع عند طرف الذراع الأطول ليبقى بالموازنة ج ٧ ط

س<sup>٤</sup> جسم وزنه ١١ رطلاً في كفة ميزان غش و  $\frac{1}{4}$  ق ١٧ ط في كفة الثانية فاهو وزنه الحقيقي ج ٩ ق ١٣ ط  
 من زيد وعمر متساويان طولاً حملاً على أكتافها ثقلاً وزنه فنطار ونصف معلقاً على عصا طولها  $\frac{1}{2}$  أقدام والثقل موضوع على بعد  $\frac{1}{2}$  أقدام من زيد فكم على كل منها من الثقل ج زيد حمل  $\frac{1}{2}$  ق ٤٢ وعمر وحمل  $\frac{1}{4}$  ق ١٠

س<sup>٥</sup> طول الذراع الأطول من قبان قدمان وعقدتان وطول الأقصر  $\frac{3}{4}$  عقدة أوضاع التعليق فيه موضوعة حتى أن ثقل بيضة القبان التي هي رطلان إذا وضعت على الذراع الأطول على بعد ١٠ عقد من نقطة الحركة توازن ٨ أرطال على طرف الذراع الأقصر والبيضة لا يصح أن توضع على بعد أقل من  $\frac{1}{4}$  عقدة من الدارك فكم يقتضي أن يكون طول اجزاء التقسيم

لكي تزن اوراق وماذا يكون وزن اقل ثقل واعظم ثقل بوزنان عليه  
ج اجزاء التفسير  $\frac{1}{4}$  عقدة . والقبان يزن من رطل الى ٢٠ رطلاً

شكل ٨٦



س٧ مفروض القوة ق

- ١٠ ارطال في هذا الرسم

فاعلة بواسطة المحيط ق ن ا

وخط ن العمودي على ا ل

- ٣ اقدام وان - ٥ اقدام

والذراع ا د - ٦ و د ب - ٢ وثقل المخل ٦ ارطال فكم تقيم القوة ق من

الثقل عند ب ج ث - ٢٠ ط

## الفصل الثاني

### في الدولاب والجزع

١٤٨ اما الدولاب فمعروف واما الجزع او المحور فهو

اسطوانة داخلية في وسط الدولاب متحدة به اتحاداً محكمًا وكلاهما

يدوران معاً على خط مستقيم يمر بمركزه قاعدتي الجزع هو محور

مشارك لكليهما . فعند تشغيل هذه الآلة لاجل عمل ميكانيكي

القوة تفعل على محيط الدولاب في جهة ماس على جانب والثقل

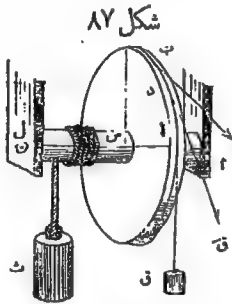
عند محيط الجزع كذلك على الجانب المقابل . ولا يخفى ان محور

الدولاب كدراك للمخل يدور عليه ذراعه ونصف قطر الدولاب



ونصف قطر الجزع هما كذراعي الخل الاطول ولا قصر والقوة  
والثقل لا تتغير نسبة احدهما الى الاخر ما دامت القوة تمس  
الدولاب كما سيأتي ولو انتقلت القوة الى خلاف الجهة المتقابلة .

والدولاب والجزع ليسا الأنوع من الخل دائماً بالفعل  
ليكن ث ( شكل ٨٧ ) ثقلاً معلقاً بالجزع لث قوة ان يدورهُ على خط لم



المحور الى جهة ورق القوة الناعلة  
على الدولاب لها قوة ان تدبرهُ الى  
الجهة المتقابلة . فواضح ان نصف قطر  
المحور واس نصف قطر الدولاب هما  
البعدان اللذان يفعل عندهما  
الثقل والقوة وعند الموازنة زخم ث  
يقتضي ان يساوي زخم ق . فاذا

فرضنا ر نصف قطر الدولاب و ر نصف قطر الجزع يكون ث  $\times$  ر -  
ق  $\times$  ر اوق : ث : ر :

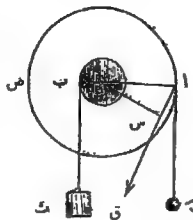
ان جذب المحل قوة في جهة ق اوق عوض تعليق الثقل ق بالمحل  
لكي يضاد الثقل ث فلا يزال مماساً لمحيط الدولاب فتبقى القوة فاعلة على  
بعد مثل س ا نصف قطر الدولاب لث س دوس ب كل منها نصف  
قطر ايضاً ويساوي س ا . والقاعدة المطردة لموازنة هذه الآلة هي

اذا فعلت القوة مماسة للدولاب فنسبة القوة الى الثقل كنسبة

نصف قطر الجزع الى نصف قطر الدولاب

١٤٩ ان لم تفعل القوة عمودية على نصف قطر الدولاب كما اذا ربط

شكل ٨٤



الحبل عند ا وفعلت على جهة منحرفة مثل  
ا ق (شكل ٨٤) اذ يدل الشكل على سطح  
قاطع الدولاب والمحور فبحسب قانون الحبل  
(رقم ١٢٧)

ق : ث :: ب : د :: س : د :: نصف

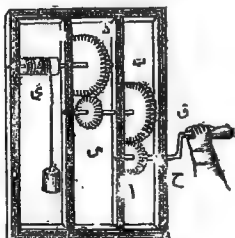
قطر المحور : نصف قطر الدولاب مضروباً

في جيب الزاوية التي نجعلها ق مع نصف قطر الدولاب

نتيجه . يجب ان بحسب نصف قطر الدولاب ونصف قطر الجذع من  
محور الحركة الى مركز الحبل اي يقتضي ان يضاف نصف ثخن الحبل الى  
نصف قطر الدابر الملفوف عليه . فلنحسب ث نصف قطر الحبل الذي على  
الدولاب و ث نصف قطر الذي على الجذع فتكون نسبة الموازنة للدولاب  
والجذع هكذا ق : ث :: ر : ث :: ر + ث

١٥٠ الدولاب المركب . اذا حركت دوايب متتابعة كما

شكل ٨٥



في (شكل ٨٥) تسمى التي توصل

الحركة بالحيط مثل ا و س

الدوايب السائقة والتي نحرك

مثل ب و د الدوايب المسوقة .

وناموس الموازنة فيها هو القوة الى

الثقل كحاصل انصاف اقطار الدوليب السائقة الى حاصل

انصاف اقطار الدوليب المسوقة

المسكة ف ح ينتضي ان نحسب من الدوليب المسوفة والمجرع ي من الدوليب الساتقة

لنفرض نصف قطرب - م ونصف قطرد - م ونصف قطرا - ر  
ونصف قطرس - ر ونصف قطري - ر ونحسب القوة الفاعلة من  
الدولاب ا بالدولاب ب - ك والتي من س بالدولاب د - ي

ثم ق : ك : ر : ح

ك : ي : ر : م

ي : ث : ر : م

إذا ق : ث : ر : م : ر : ر : ر : ح : م : م : م  
فان تساوت الدوليب السابقة وكذا المسوفة وكان عدد كل من  
الثنتين تكون

ق : ث : ر : م

### مسائل في الدولاب والمجرع

س<sup>١</sup> قوة ١٢ رطلاً نوازن قنطاراً على دولاب ومجرع طول نصف  
قطر المجرع ٦ عقد فما هو قطر الدولاب ج ٨ اقدام وعقد  
س<sup>٢</sup> ث - ٥ قناطير ور - ٤ اقدام ور - ٨ عقد اما الثقل فيعلق  
بجبل ثغنة عقدة واما القوة ففاعلة عند محيط الدولاب يدور حول فاي قوة  
تحمل الثقل ج ٨٨٠٥٤ رطلاً

س<sup>٣</sup> اربعة دوليب مسوفة اقطارها ٥ و ٦ و ٧ و ٨ من اقدام حركت  
بقوة ١٥ رطلاً فاعلة عند محيط الدولاب الاول وهذه الدوليب يفعل  
احدها على الاخر بواسطة ثلاثة دوليب صغرى قطر كل منها ١٠ عقد

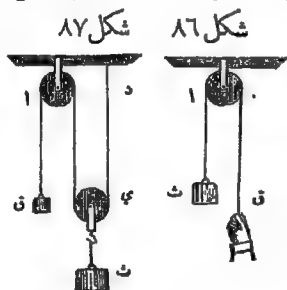
والدولاب الاخير يدبر جزءاً قطره ٤ عقد فاي ثقل بمحملة جبل ملتف على هذا المحور ج ٤٦٦٥٦ رطلاً

## الفصل الثالث

### في البكرة

١٥١ البكرة هي دولاب صغير محفور محيطه يدور حول محور مدخل في مركزه وفي طرفي شعبي ساعدة وذلك المحور قد يكون ثابتاً وقد يكون متحركاً. اما المبدأ الذي عليه ترفع الاثقال بواسطة بكرة او نظام من بكرات فبسيط جداً كما سيأتي بيانه

فالبكرة المفردة الثابتة كالبكرة (١) (شكل ١٦) المعلق عليها الثقل ث

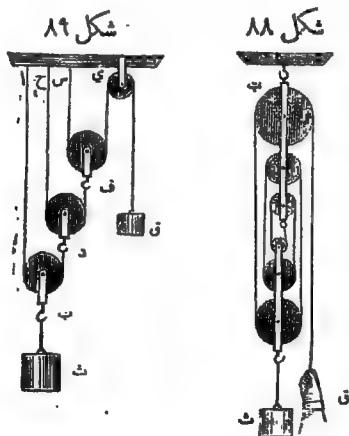


الذي تفعل به القوة ق بواسطة الخيط ق ا ث المار بمحور المحيط لا فائدة ميكانيكية فيها. وذلك لانه ان كان الحبل يتحرك بسهولة حول البكرة فواضح ان الشد على جانب واحد متساوية على الجانب الاخر وبالنسبة ان القوة يقتضي ان

تساوي الثقل الذي تحمله والفائدة الوحيدة لهذا النوع من البكرة هي ان قوة مفروضة يمكن ان ترفع او تحرك ثقلاً مفروضاً على اسهل مراس بتغيير الجهة

الفاعلة عليها القوة. اما الضغط على محور البكرة افواضع انة يساوى  $ق + ث$   
 ١٥٢ ولكن ان رفع ثقل مثل ث القوة  $ق$  كما في (شكل ٨٧) فاعلة  
 على خيط مار على بكرة متحركة  $ي$  كما على بكرة  $ا$  فالامر واضح اذا ان هذا  
 الثقل يحمل بخطين  $اي$  ودي. واذا كان معلقاً من البكرة  $ي$  فلا بد ان  
 يفعل هذان الحبلان على بعدين متساويين من ذلك المركز وبالضرورة  
 لا بد ان كل خيط يحمل نصف الثقل. وانه لواضح انة مهما رُفع الثقل  $ث$   
 بالخيط  $اي$  فلا بد ان يرتفع بالقوة  $ق$  الفاعلة على خيط يتحرك بسهولة على  
 البكرة الثابتة  $ا$ . فاذاً اذا حصلت موازنة تكون  $ق - \frac{1}{2} ث$  او  $ث - ٢ ق$   
 اي نسبة  $ق : ث :: ٢ : ١$ . اما الضغط على الحلقة  $د$  فهو  $\frac{3}{4} ق$  او  $ق$  وعلى محور  
 البكرة  $ا - ق + \frac{3}{4} ث - ٢ ق$

١٥٣ وعلى هذا المبدأ يفعل نظام من خيط واحد حول كل البكرات



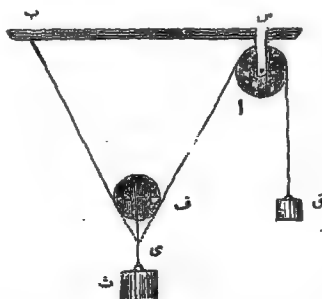
فيه كما في (شكل ٨٨) لانه واضح ان الثقل  $ث$  معلق بكل الخيطان عند  
 البكرات السفلى فان كان عدد هذه الخيطان  $ع$  فكل خيط يحمل  $\frac{1}{ع}$  من

الثقل ولكن لما يكون موازنة فمهما كان الشد على كلٍّ من هذه الخيطان التي تحمل الثقل يكون الشد نفسه على الخيط الذي تفعل عليه القوة . فاذًا ق -  
 ح  $\times$  ث اوث - ع ق اي ق : ث :: ا : ع حيث ع - عدد الخيطان على  
 البكرات المفلى او مضاعف عدد البكرات المتحركة . واما الضغط على الوض  
 ب فظا مرآة يعاوي ق + ث - ق + ع ق - ( ع + ا ) ق

١٥٤ واذا لم يمر الخيط نفسه حول كل البكرات كما في (شكل ٨٩) ولكن  
 كل بكرة لها خيط وحدها مثل س ف ي ح د ف ا ب د الخ يلتف عليها  
 ومربوط بالحلقات اح س الخ فالنسبة بين ق و ف تجري على اسلوب آخر  
 وببساطة لما كان الخيط س ف ي يمر على بكرة واحدة متحركة  
 فحسب ما مرَّ ق : الثقل المحمول بالبكرة ف :: ٢ : ١  
 ونسبة الثقل الذي بحملة ف : الثقل الذي بحملة د :: ٢ : ١

٢ : ١ . . . د : د . . . ب اعني ث :: ٢ : ١

اي ان ق : ث :: ١ : ٢  $\times$  ٢  $\times$  ٢ الخ :: ١ : ٢ اوث - ٢  $\times$  ق اذ تكون  
 ع عدد البكرات المتحركة . وفي هذا النظام من البكرات الضغط على الحلقة  
 شكل ٩٠



ق - ٢  $\times$  ٢  $\times$  ٢ ق وعلى الحلقة  
 ح - ١/٢ الضغط على ا -  
 ق  $\times$  ١/٢  $\times$  ٢  $\times$  ٢ ق - ٢  $\times$  ٢  
 ق الخ والضغط على البكرة  
 ي - ٢ ق

١٥٥ قد حسبنا في

ما مضى الخيطان فاعلة

بحيث يوازي احدها للآخر . ولكن لنفرض ان القوة ق كما في (شكل ٩٠)

تفعل بالثقل ث بخيط يمر حول البكرة المتحركة د على جهة منحرفة. أ ر م د ف  
عمودياً على د ي اذ يكون د مركز البكرة واخرج الخيط ا ف الى ي .  
لندل ف ي على مقدار القوة الفاعلة على جهة ي ف التي تنحل الى  
ي د و د ف فخط ي د هو ذلك الجزء منها المؤثر في حمل الثقل ث

شكل ٦١



( رقم ١٠٣ ). واذا كان الخيط ب ي يحمل نفس  
الثقل الذي بحملة الخيط ا ف ي فكل الثقل  
المحمول بالخيط ب ف ا يدل عليه ٢ د ي فاذا ق  
ث : ي : ف : ٢ د ي : ٢ : ١ : ق : ٢ : ف د ي ف  
او القوة الى الثقل كنصف القطر الى مضاعف  
نظير جيب زاوية ميل جهة القوة على جهة الثقل  
١٥٦ يوجد طريقة اخرى لتركيب البكرات  
معالم نذكرها قبلاً وهي ان يكون كل خيط  
مربوطاً في الثقل كما في هذا الشكل

فلنفرض انه يوجد في هذه الحال موازنة والقوة  
تفعل على الخيط يمر على البكرة ا فوالحالة هذه الامر  
واضح ان الضغط على تلك البكرة - ٢ ق اي ان  
الخيط ب يحمل جزءاً من الثقل - ٢ ق ولذات  
هذا السبب اذ كان الخيط ا ف ب يتحرك بسهولة  
على البكرة ب فالخيط س ب يحمل ٤ ق الخ

فاذا اقسام الثقل التي تحملها الخيطان ا غ ب ف س ي الخ في  
ق و ٢ ق و ٤ ق الخ وبالنسبة يكون ث - ق + ٢ ق + ٤ ق - ( ٢ - ١ ) X  
اذ تكون ع عدد الخيطان المربوطة في الثقل  
فاذا ق : ث :: ١ : ٢ - ١

ثم ان الضغط على نقطة التعليق ج - ق + ث - ق + (٤٢ - ١)  
ق - ٤٢ ق

نتيجه . يجب الالتفات الى ثقل الحبل في الدولاب والى ثقل البكرات  
والحبال في البكرات ولا يحصل خلل في الحساب يجعل ارتباطاً وتشكيكاً في  
القواعد المتقدمة ولا تخفى طريقة ذلك على الفطن

### مسائل في البكرة

س١ جسم ثقله ٥٦ رطلاً وإزنته قوة - ٧ ارطال بواسطة نظام بكرات  
فيها يلتف على كل بكرة خيط (شكل ٨٩) فما هو عدد البكرات المتحركة

ج حسب ما مرق (٧) : ث (٥٦) :: ١ : ٤٢ و ث - ٤٢ × ق  
وبالتعويض ٥٦ - ٤٢ × ٧ وبالنسبة ٨ - ٤٢

وبالانساب ن - ٨ - ٢ × ع ون  $\frac{٨٥}{٢٥}$  - ع - ٢ اي عدة البكرات - ٢

س٢ اية قوة يقتضي ان تحمل ثقلًا مقداره ٨٧ رطلاً ٢٢ قنطار في نظام  
من عشر بكرات مصنوع حسب الشكل الاخير حيث كل الخيطان مربوطة  
في الثقل ج  $\frac{٢}{٣}$

### الفصل الرابع

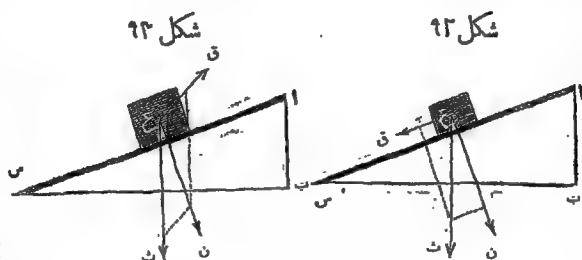
#### في السطح المائل

١٥٧ قد تكلمنا قليلاً عن السطح المائل في بداية ايضاح



الرقاص والان نشرح عنه باكثر تفصيل فنقول

السطح المائل هو سطح مستطيل مائل على سطح الافق وزاوية ميله عليه اقل من قائمة . ويفرض له طول وهو الخط المستقيم في سطحه الموصل بين حده الاسفل والاعلى عموديا عليهما وعلوه وهو الخط المرسوم من طرف طوله الاعلى عموديا على سطح



الافق وقاعدة وهي الخط الموازي لسطح الافق الموصل بين طرف طوله الاسفل وعلوه . وفائدته انه يحل جاذبية الاجسام او ثقلها الى مركبتين فيقتضي لجرها عليه الى اعلى قوة تقاوم احدها فقط عوض ان تقاوم كل الجاذبية او الثقل لرفعها بدونه

ليبدل ث على ثقل الجسم ع على السطح المائل اس (شكل ١٢٣) . حلة الى ف متوازية للسطح ون عمودية عليه فالقوة ن تدل على ضغط الجسم على السطح الذي يساوي رد فعله (رقم ١٠٤) وق القوة التي بها يتحرك على السطح

افرض ت - الزاوية س ميل السطح فأذا ث ع ن - ت . ثم ق -  
ث X جت ون - ث X نجت

افرض ق قوة يجذب بها الجسم عند ع (شكل ٩٢) فتسكنه فيجب  
ان تكون ن مقاومة السطح نتيجة ث وق ولذلك

ق : ث :: ج ع ن ق : أوجت : ج ق ع ن

وان فعلت القوة على موازاة السطح تكون ق ع ن = ٩٠° ولنا

ق : ث :: جت : ج ٩٠° :: ا ب : ا س

فان فعلت القوة على موازاة السطح المائل وهو الاكثر وقوعاً

فالقوة الى الثقل كعلو السطح المائل الى طوله

وان فعلت القوة على خط يوازي قاعدة السطح تكون ق ع ن - ٩٠° - ت

ونسبة ق : ث :: جت : نجت :: ا ب : س ب . فان كانت جهة القوة  
متوازية للقاعدة

فالقوة الى الثقل كعلو السطح المائل الى قاعدته

١٥٨ القوة تكون اعظم فعلاً حينما تفعل متوازية للسطح

من النسبة ق : ث :: جت : ج ق ع ن نستخرج هذه المعادلة  
ث - ق X ج ق ع ن  
جت

ولا كانت ق وجت مفروضين يتغير ث كجيب ق ع ن الذي هو

الاعظم ما يكون حينما ق ع ن = ٩٠° اي حينما القوة تفعل في خط يوازي  
السطح

فان نقصت زاوية ق ع ن او زادت عن ٩٠° فحينها ينقص . وبصير

صفرًا حينما تكون ق ع ن - ° أو ١٨٠° وحينئذ ث - ٠ ولا يرفع ثقل  
إذا فعلت القوة في خط ع ن عمودية على السطح  
١٥٩ عبارة للضغط العمودي على السطح . من المثلث ق ع ن يتج

لنا

ن : ث :: ج ع ق ن : ج ق ع ن

أو ن : ث :: ج ق غ ث : ج ق ع ن

أي ن - ث ::  $\frac{\text{ج ق ع ث}}{\text{ج ق ع ن}}$

فان فعلت القوة في خط متوازٍ للسطح المائل فالزاوية ق ع ث -  
٩٠° + ت وق غ ن - ٩٠° ون - ث =  $\frac{\text{ج} + ٩٠}{\text{ج} - ٩٠} \times \text{ث}$  نجد ت

وان فعلت القوة في خط يوازي قاعدة السطح المائل فزاوية ق غ ث - ٩٠°

وق ع ن - ٩٠° - ت ون - ث =  $\frac{١}{\text{ت}} \times \text{ث}$  ف ت

وان فعلت القوة في خط عمودي على السطح المائل فزاوية ق ع ث -

ث وق ع ن - ٠ ون - ث =  $\frac{\text{ج ت}}{\text{ج}}$  = ∞

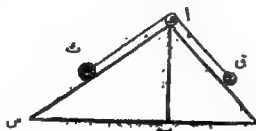
١٦٠ إذا توازن جسمان على سطحين مائلين بواسطة مرسة

مارة فوق الحد بينهما يكون نسبة اصغرها : اكبرها :: طول سطح

الجسم الاصغر : طول سطح الاكبر

ليتوازن ق و ث على السطحين ادواس (شكل ٩٤) اللذين لهما

شكل ٩٤



العلو المشترك ا ب بواسطة مرسة

تمر على البكرة الثالثة ا . فقوة

المرسة هي القوة المشتركة التي

تنع كلا من الجسمين عن الانحدار

ولما كانت المرسة متوازية لكل من السطحين فاذا فرضنا ق = تلك القوة

يكون

ق : ق : اب : اد :

د ق : ث : اب : اس :

اي ق : ث : اد : اس :

اي ان الثقلين في حالة الموازنة احدهما الى الآخر كطول السطح الواحد الى طول السطح الآخر بالاستقامة

### مسائل في السطح المائل

س<sup>١</sup> اذا قدر فرس ان يرفع جسمًا وزنه ٨٨ رطلاً على جهة عمودية فاي وزن يمكنه ان يرفعه على طريق حديد ميله خمس درجات على سطح الافق ح ١٠٩٢٧ رطلاً

س<sup>٢</sup> علو طريق حديد على سطح الافق عشرين قدماً في كل ميل فأية قوة يقتضي ان يهتدي جسمًا مفروضاً عليه ج رطل لكل ٢٦٤ رطلاً

س<sup>٣</sup> قوة يهتدي ٥٠٠ قنطار على سطح ميله ٧'٢٠ ولكنها يهتدي ٤٠٠ قنطار على سطح اخر فكم يكون ميل السطح الثاني ج ٢٥' - ٢٣' ٩"

س<sup>٤</sup> قوة عشرة ارطال فاعلة على موازاة السطح تحمل وزناً يقتضي قوة اثني عشر رطلاً فاعلة على موازاة القاعدة لكي نحمله فما هو وزن الجسم وما هو ميل السطح ج ب - ١٨٢٠٩ رطلاً ت - ٢٥' ٢٣' ٣٢"

س<sup>٥</sup> فعلت قوة ميلها على سطح الافق ٧٥° فرفعت ٥٠٠ رطلاً على سطح ميله ٥٠° على سطح الافق فما هو مقدار هذه القوة وكبش الجسم على السطح ج ق - ٤٢٢٢٦ رطلاً ق - ٤٢٢٢٨ رطلاً

## الفصل الخامس

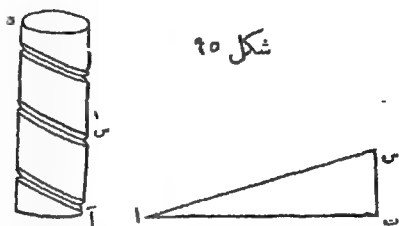
### في البرغي

١٦١ البرغي هو خيط او حفر لولي يلتف حول اسطوانة يقطع كل الخطوط على سطحها المتوازية لمحورها ويجعل معها زاوية واحدة . والخيط اللولي قد يصنع على السطح المحدب لاسطوانة برغي وقد يكون على المقعر اذا كانت مجوفة لكي يدخل فيها البرغي المذكور وتدخل خيطانه بين خيطانها . وبحسب ذلك يقال للاول البرغي الخارج وللثاني البرغي الداخل او الذكر والانثى . وفعل البرغي قد يكون برفع ثقل وقد يكون بما يشبهه كالكبس بالمكابس والملازم فيحسب الكبس ثقلاً

١٦٢ خيطان برغي تحسب سطحاً مائلاً والبعد بين خيطين متواليين منه علو ذلك السطح ومحيط اسطوانة البرغي قاعدته

مثاله ليلتف السطح المائل ا ب س ( شكل ٩٥ ) حول الاسطوانة د أ التي يحيطها يساوي قاعدته ا ب فالنقطة ب تدور الى النقطة أ وتقع نقطة س على س والخطاس يتبع خيط البرغي على سطح الاسطوانة الى س ملتفاه بخط أ س الموازي محور الاسطوانة . وهكذا يمكن ان يلتف سطح آخر مثله فوقه

وهلمّ جراً . ولما كان الشد على البرغي على جهةٍ توازي القاعدة عند فتحة



فاذا كبس ثقل في اسفله على الخيطان فالقوة اللازمة لحصول الموازنة فيه هي مثل القوة المتوازية لقاعدة السطح المائل التي يقتضيها لذلك .  
لتكن ر نصف قطر الاسطوانة دأ وم - ١٥٩ ١٤٢ ٢ فيكون محيطها م٢ وتكون  
ع البعد بين الخيطان اي البعد من اي نقطة كانت من دورة واحدة الى  
النقطة المتقابلة من الدورة الثانية الذي يوازي محور الاسطوانة

فتكون م٢ ر قاعدة السطح المائل وعد علوه . فاذا ( رقم ١٥٧ )

ق : ث :: ع : م٢ اي

القوة الى الثقل كالبعد بين خيطين مقيساً على موازاة المحور

الى محيط البرغي

١٦٣ اذا اجتمع الخل مع البرغي كما يحدث غالباً فنسبة القوة

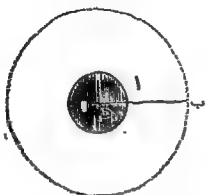
الى الثقل كالبعد بين الخيطان مقيساً على موازاة المحور الى المحيط

الذي ترسمه القوة

مثالة ليكن ا ف ( شكل ٢٦ ) قطع برغي وافرض ب س مختلاً من

الجنس الثاني يدبره . فالدارك عند س والقوة تعمل عند ب وكبس الخل

شكل ٩٦



الذي بحسب ثقله هو عند ١. احسب  
ذلك الكبس ك وع البعد بين الخيطان

اذن ق : ك :: ا د : ب د

و ك : ث :: ع : ٢ م ١ × ا د

وبالتركيب والمحط لنا

ق : ث :: ع : ٢ م ١ × ب د

تنبيه . البرغي نوعان برغي اليمين وبرغي اليسار . اما الاول فهو ما  
يلتف خيطه حول اسطوانته صاعداً من اليسار الى اليمين واليد اليميني  
تديره الى جهة تقابل جهة الصدر وهو الاكثر استعمالاً . واما الثاني فهو  
عكسه وهو لا يستعمل الا اذا كان موجب خصوصي لاستعماله كما اذا كان  
برغيان في حية بخار يقتضي احدهما ان يفتح والاخر ان يسد في وقت واحد  
فيلزم ان يكون حينئذ احدهما برغي اليمين والاخر برغي اليسار . والطرف  
اليسار من محور دولاي عرباية يقتضي ان يكون برغي اليسار والآخر يفتش ان  
يجل بفرك الدولاب عليه

### مسائل في البرغي

س' البعد بين خيطان برغي قيراط وبعد العصا الذي يدبر البرغي  
عن المحور ذراعاً والقوة ١٥ رطلاً فما هو الثقل والكبس

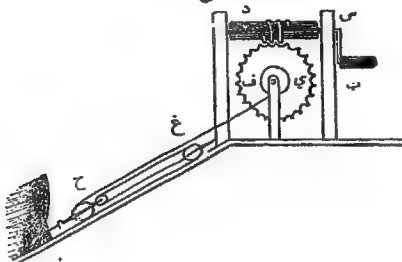
ج ٢٢٦١٢٩٤

س' طول عصا المخل الذي يدار به البرغي ٢ اذرع محسوباً من المحور  
وق - ٦٠ رطلاً و٨ - ٢٢٤٠ رطلاً فما هو البعد بين الخيطان

ج ١٢٠١١٧ قيراط

س إذا اراد رفع سفينة الى البر بآلة مركبة من الخمل واللولب والدولاب  
والمحور والبكرة والسطح المائل (شكل ٩٧) ومفروض ب من ١٨ عقدة

شكل ٩٧



والبعد بين خيطين على س د - عقدة ونصف قطر الدولاب - قدمين  
ونصف قطر الاسطوانة ي ف - ٦ عقد و غ بكرة ثابتة و ح متحركة وميل السطح  
- ٣٠°. فان فعل رجل بقوة تساوي ١٠٠ رطل فكم تكون القوة الفاعلة في  
السفينة ج ١٦٨ ١١١ ٢٦١ رطلاً

## الفصل السادس

### في السفين

١٦٤ السفين هو موشور مثلث جانبان من جوانبه يلتقيان  
عند زاوية حادة جداً. وهو يستعمل لرفع ثقل كسطح مائل بادخاله  
من تحته ودفعه بالضرب عليه او لتفريق جزئي جسم بادخاله

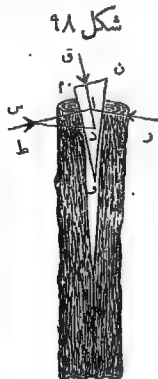


بينها وتزيله بالضرب عليه. وكل ضربة هي قوة تجعل كبساً جسيماً  
لوقت قصير كافياً ان يغلب مقاومة عظيمة

١٦٥ تحصل الموازنة في السفين متى كانت القوة الى المقاومة  
على احد الجانبين كنسبة ظهر السفين الى ذلك الجانب

اذ لم تكن جهة الضربة او القوة عمودية على ظهر السفين يجوز ان  
نفرضها انحلت الى قوتين احدها عمودية على ظهر السفين والاخرى متوازية  
له. اما الاخيرة فلا فعل لها. وذلك يقال في المقاومة على الجانبين فعلى  
كل جانب يلزمنا ان نعتبر احدى المركبتين فقط وهي العمودية على ذلك  
الجانب من السفين

ليكن م ن و (شكل ٩٨) قطع سفين عمودياً على جوانبه فالحطوط  
ق ا و ط ا و را المرسومة عمودية على  
الجوانب الثلاثة ترينا جهات القوات  
التي تمسك السفين بالموازنة. لنحسب ا د  
يدل على القوة ارم د س يوازي را فلنا  
المثلث ا د س الذي اضلاعه تدل على هذه  
القوات. ولكن ا د س يشبه من ويكون اضلاع  
الواحد عمودية على اضلاع الاخر. فاذا  
حسبنا القوات ق ط ر تكون النسبة هكذا



ق : ط :: م : ن و

و : ق :: ر : م :: ن : و

اي القوة الى احدى المقاومتين على الجانبين كعرض ظهر السفين الى  
طول جانب تلك المقاومة

فان كان المثلث متساوي الساقين فالمقاومتان متساويتان كما يلاحظ من النسبة والقوة الى احدى المقاومتين كعرض الظهر الى طول الجانب وان مس السطحان المقاومان جانبي السفين كل في نقطة واحدة فقط فاذا رُسم ط ا و ر ا في نقطتي الماسة فلا بد ان يلاقيا ق في نقطة واحدة (رقم ٨٢) والأي دور السفين حتى يشتر وجه منه على الجسم المقاومه في نقطتين او أكثر

تنبيه . غالبًا تزداد فاعلية السفين باتحاد فعله مع فعل الخلل اذ كان المكان الذي يؤثر عنده السفين على بعد عن النقطة التي يرسل اليها الفعل

## خاتمة

### كلام عمومي في الميكانيكات

١٦٦ قد سبقت الاشارة في الكلام على الميكانيكات ان انواعها الستة عند المحصر ترجع الى نوعين وهما الخلل والسطح المائل . اما الدولاب فواضح ما تقدم ان نصف قطره كالذراع الاطول من الخلل ونصف قطر الجذع كالذراع الاقصر والنقطة بينها عند المحور اذا جعلناها على استقامة واحدة هي كناية عن الدارك . واما البكرات فمن نظري قليل يظهر جليًا ان نصف قطر البكرة التي تلي الثقل منها كناية عن الذراع الاقصر الذي

يلي الثقل في الخل وانصاف اقطار باقي البكرات مجموعها  
 كناية عن الذراع الاطول الذي يلي القوة. واما البرغي فليس  
 هو الأسطحاً مائلاً كما رايت واما السفين فيرجع الى السطح المائل  
 لان جانباه سطحان مائلان والكبس عليها كناية عن ثقلين والضربة  
 على ظهره كناية عن قوة مشتركة للسطحين. فينتج من ذلك صحة  
 ما قيل ان الآلات الميكانيكية تنحصر جميعها في الخل والسطح  
 المائل. غير ان السطح المائل يشبه الخل لكون طوله وعلوه مجريان  
 مجرى ذراعي الخل وفي استعماله لا بد من استعمال الخل او ما اشبهه  
 معه

١٦٧ اذا احسن الدارس اعتباره في الآلات الميكانيكية فلا  
 يخفى عليه انه لا يحصل ربح في رفعها الاثقال من حيث ان قوة  
 قليلة ترفع ثقلاً اعظم منها لان ما يكتسب من زيادة الثقل على  
 القوة تحصل خسارة بمقداره من الوقت فقد يمكن ان يرفع رجل  
 بقوة ثقلاً بواسطة الآلات الميكانيكية فتتضي قوة مئة رجل لرفعه  
 بدونها ولكن يلزمه من الوقت مئة مرة ما يلزم المئة رجل

مثاله اذا رفع رجل عند اثقالاً عند ب كما في (شكل ٩٩) وكان  
 الدارك د حتى يصل الطرف الى ل والطرف ب الى ح والذراع الاطول  
 ا د مئة مرة الذراع الاقصر د ب فيقتضي ان القوة ق تمر من ا الى ب بقوس  
 ا ل والثقل ث من ب الى ح بقوس ب ح فنسبة ق : ث :: ب : د : د ا وانما

لكون النطاق ح د ب يشبه النطاق ا د ل فنسبة ب د : د ا :: ب ح : ا ل  
فإذا القوة الى الثقل كنسبة قوس ب ح

شكل ٩٩



الى الثوس ال اي بمقدار ما يزيد الثقل  
على القوة تزيد الفسحة التي تمر بها القوة

على الفسحة التي يمر بها الثقل وبالنسبة يلزم القوة زيادة وقت عما اذا كانت  
مساوية للثقل بمقدار زيادة الثقل عليها. وهكذا الامر في السطح المائل لانه  
واضح من نسبتيه فيما مرانه اذا كانت القوة اقل من الثقل فلكي تسحب على  
سطح مائل تقتضي وقتاً اطول من وقت قوة تساويه تسحب على جهة الجاذبية  
كما ان طول السطح الذي هو وتر مثلث ذي قائمة اطول من علوه وهكذا  
يقال في بقية الآلات . فإذا لا يحصل مثقال ذرة ربحاً بواسطة الآلات  
الميكانيكية لان الرمح بتقليل القوة تساويه الخسارة بزيادة الوقت بل ان  
الخسارة تكون اكثر لانه يضاف الى الثقل عوضاً عن فرك الآلة الذي  
يعيق في رفعه مقدار يبلغ غالباً نحو ثلث القوة . غير ان فائدة هذه  
الآلات انه بواسطتها يمكن التصرف بحسب المناسبة باستعمالها او عدم استعمالها  
لان رجلاً واحداً عوضاً ان يدعو تسعة وتسعين رجلاً لا عاتيه في رفع ثقل كما  
في المثال السابق قد يقصد اتمامه بنفسه ولو اقتضى الحال وقتاً اطول اما  
لكونه يريد ان يشتغل بنفسه في كل الوقت او لكونه لا يقدر ان يحصل فعلة  
كافية او لكون كثرة الفعلة غير مناسبة للعمل وغير ذلك . وقد يقصد  
خلاف ذلك لاسباب تقتضيه

١٦٨ ان اعضاء الجسم الانساني الذي هو سبب الحركات  
والصنائع والاعمال قد صنع الباري اقلها انحلالاً من النوع الثاني  
كالذراع مثلاً فان عظميهما المخل والعصاة القوابض التي

تندغم بهما هي القوة لانها عند انقباضها ترفع الذراع. والدارك هو  
السطح المفصلي على الطرف السفلي للعضد والثقل هو اليد وما يحمل  
بها او هي فقط وهكذا يقال في بقية اعضاء الجسد. والبناء والتجار  
والمحداد وغيرهم يحتاجون في كل اشغالهم الى استعمال المخل. والذي  
يرفع سلكاً او يفتح باباً يفعل ذلك على مبدأ المخل. والنخياط الذي  
يشك الابرة والشخص الذي يدق وتلاً في الارض او في حائط  
والذي يشق خطباً يفعلون ذلك على مبدأ السفين. والمجّال  
الذي يدحرج الحجر الى ظهر جملة على عارضتين من خشب  
متصلتين من الارض الى كور الجمل يستعمل السطح المائل لاجل  
تسهيل رفع الثقل. وفي الكراخين وبعض الصنائع لابد من  
الدواليب والبكرات والامخال والبراغي التي تستعمل للكبس  
او لرفع الاثقال وهلمّ جرّاً  
فنرى ان جميع الاعمال والحركات الانسانية متوقفة على المخل او  
على ما يشبهه من الآلات الميكانيكية

# الباب الرابع

في السائلات وفيه فصلان

## الفصل الاول

في الماء الراكد او الهيدروستاتك

١٦٩ السائل مادة تتحرك دقائقها بسهولة بعضها بين بعض فتؤثر فيه ادنى قوة تفعل به واذا زالت القوة يرجع الى حاله السابقه

والسائل يقسم الى قسمين مرن وهو ما ينضغط كالهواء والنجار وغير مرن وهو ما لا ينضغط الا قليلاً جداً كالماء والزيت. ويقسم السائل غير المرن الى قسمين راكد ومتحرك. فعلم السائلات الراكدة يعرف بالهيدروستاتك وهو لفظ يوناني معناه الماء الراكد وفيه بحثنا الان. وعلم السائلات المتحركة يعرف بالهيدرولك وسياتي الكلام عليه عقيب هذا الفصل

١٧٠ السائلات في حال الركود او السكون تنضغط كل

دقيقة فيها من كل الجهات على التساوي. وذلك الضغط  
يساوي ثقل عمود منها سعته سعة الدقيقة وعلوه عُمقها عن وجه  
الماء

لنفرض ا ب (شكل ١٠٠) وعاء فيه ماء ود نقطة صغيرة جداً فيه .

شكل ١٠٠



فيظهر من الشكل ان العمود الضاغط على اعلى  
النقطة الى اسفل يضاده كبس عمود من اسفل  
الى فوق. والضاغط من اليمين الى اليسار يقابله  
عمود يضغط مثله وبوازنة من الجهة المتقابلة الى

اليمين. وهكذا لكل عمود يضغط على النقطة د عمود يقابله من الجهة المتقابلة  
وبوازنة ولولا ذلك لدامت دقائق السيل مضطربة. ويكون د صغيرة الى  
غير نهاية يكون طول كل من هذه العواميد البعد بين د ووجه الماء

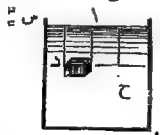
١٧١ قد تقدم الكلام في الثقل النوعي (رقم ٣٩) ان الجسم

اذا وزن خارج الماء ثم وزن داخل الماء فالفرق بين الوزنين  
يساوي ثقل مقدار من الماء مساو للجسم المذكور وعلى ذلك بنيت  
قاعدة الثقل النوعي ولم نذكر له برهاناً والا نوضح ذلك ببرهان

هندسي

لنفرض س ل وعاء مملوء ماء والجسم د غرقان فيه والعمود ا د

شكل ١٠١

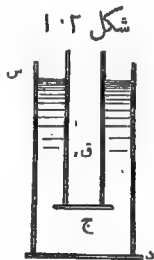


يضغط فوقه والعمود ا ح الذي قاعدته تساوي  
قاعدة الجسم يضغط من اسفل الجسم الى اعلى  
فالضغط على الجسم د من اسفل هو بمقدار العمود  
ا ح ولكن الضغط على د من فوقه هو بمقدار

عمود ا د . وإنما الامر ظاهر ان الفرق بين ا ح و ا د يساوي مقدار الجسم  
فالضغط عليه من فوق اقل من الضغط عليه من اسفل بمقدار ثقل جرم  
من الماء مساو لجرم الجسم فيخف بمقدار ذلك . وهذا الامر قد بينه ارخميدس  
الفيلسوف اليوناني بمثل هذا الاسلوب

بيان ما تقدم انه اذا ارتفع العمود ا د من فوق الجسم د بجيلة اذ  
يكون في وسط الماء يبقى عليه الضغط من اسفل فقط بمقدار ثقل عمود ا ح  
فيخف ثقله النوعي جداً حتى اذا وازن العمود ا ح يعوم في الماء واذا كان  
ا خف منه يطلب الصعود واذا كان ا ثقل يغلبه وينزل بقوة تساوي مقدار  
الفرق بين ثقله و ثقل العمود ا ح . واذا كان الجسم عموماً في الماء فلا يغلب  
على العمود ا ح لو فر ثقله

١٧٢ وعلى ذلك قد صنع تجربة توضح ما قيل . لنفرض س د وعاء مملوء ماء  
وق قابلة من زجاج مفتوحة من الطرفين . وج جتما ثقله النوعي اكثر من  
واحد اي هو ا ثقل من الماء له سطح ا لمس تنطبق  
قاعدة القابلة عليه . فاذا وضعت عليه القابلة  
وغطس معها في الماء لا يغرق بل يتبع القابلة في  
صعودها ونزولها . ولا يخفى انه كلما تعمق في الماء  
يزيد الضغط عليه من اسفله اذ يكون العمود  
اطول فاذا صب في القابلة ماء حتى تمتلئ او رُفع



الجسم ج براس قضيب عن جنب لكي يصير فرصة ليدخل عمود ماء ويملئ  
القابلة ق يهبط عن القابلة الى اسفل الوعاء اذ يرجع ثقله النوعي اعظم . ثم  
من حيث ان الضغط متساوي من كل الجهات في الماء كما مر فعلي ذلك  
نقول انه لو كانت القابلة ق من صمغ هندي لبان ضغط الماء على سطحها  
بانضمام جوانبها الى بعضها



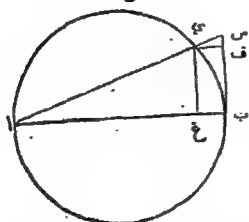
١٠٧٣ سطح الماء المحصور في وعاء أو في ابنٍ ما يقتضي ان يكون موازياً لسطح الأرض المحدث ذلك ناتج من سهولة حركة دقائق بعضها على بعض وفعل الجاذبية نحو المركز. فإذا ارتفع عمود من فوق سطحه تهبط الجزء المرتفع منه بواسطة الجاذبية ويتفرق على كل وجهه حتى يصير موازياً لسطح الأرض كما ان المياه التي تكون على السطح المائل تجري عليه الى اسفل بعلة الجاذبية ولا تنف حتى تتجمع ويصير سطحها موازياً لسطح الأرض وذلك لكون الجاذبية في جسم من شأنها ان تحولها الى هيئة كرة اذا كانت مادته سيالة كما مر (رقم ٢٥) ولكن بما ان التحديب في فسخة صغيرة قليل جداً فلا يلتفت اليه ويحسب سطح الماء موازياً لسطح الافق الذي يوازي السطح المماس لنقطته الوسطى. وإنما على بعد عظيم يعد بتدبيره وتهبط الماء عن السطح المماس لنقطته الوسطى وقد حسبوا هبوطه لكل بعد بموجب هذه القاعدة وهي

خذ ثلثي مربع البعد المفروض من الاميال فتعرف على

التجديب عن السطح المماس للنقطة الوسطى

لنفرض في في (شكل ١٠٢) هبوط الماء على بعد ب ي . ولا بعد ا د  
معتدلة يجوز ان بحسب قوس ب ي مساويا لوتره ا ذ كان الفرق بينهما شيئا لا  
يذكر فحسب ( اقليدس ق ٨ ك ٦ ) غ ب ا و ي ف : ي ب :: ي ب : ا ب  
فلنفرض غ ب المهبوط = ه ب ي البعد - ب تكون نسبة ه ب : ب :

شكل ١٠٣



اب اي هـ -  $\frac{ر}{ب}$  ومن حيث ان  
 اب اي قطر الارض مجسوماً اميالاً  
 وبالنسبة الى ب الذي هو ب اميالاً  
 ايضاً فتجويلها الى اقدام تصير العبارة  

$$= \frac{٠.٢٨ \times ر^٢}{٧٩١٢} - \frac{ر^٢ \times ر}{٠.٢٨ \times ٧٩١٢} = \frac{ر^٢}{٢}$$
  
 تقريباً

اذا الهبوط لميل -  $\frac{١ \times ر}{٢} - \frac{ر}{٢}$  قدم و٢ اميال -  $\frac{ر^٢ \times ر}{٢} - ٦$   
 اقدام

٢ -  $\frac{ر^٢ \times ر}{٢} - \frac{ر}{٢}$  قدم و١٠٠ ميل -  $\frac{ر^٢ \times ر}{٢} - \frac{ر}{٢}$  قدم ٦٦٦٦

١٧٤ على هذا المبدأ المذكور قد صنع الفادن المائي او الزبقي.  
 فقد يصنع احياناً بمخبر قناة رفيعة في قطعة من لوح مستوي وملئها  
 ماءً اوزيبقاً. فاذا وضعت هذه الآلة على سطح واستوى الماء عليها  
 يقال ان ذلك السطح مستوي. ولكن الأكثر استعمالاً لهذه الغاية  
 فادن العرق. وهذه الآلة مولفة من انبوبة اسطوانية صغيرة محنية  
 من زجاج طولها من عقدتين الى ست مملوءة عرقاً او كحولاً الا  
 فسحة صغيرة مملوءة هواً

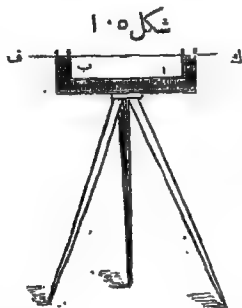
فاذا وضعت هذه الانبوبة (شكل ١٠٤) على موازاة سطح الافق فذلك

شكل ١٠٤



الهواء المتحرك يستقر في مركز الانبوبة عند علامة مفروضة عليها. ولكن عند

ما تمل الانبوبة ولو مقدار شجرة يصعد الهواء نحو الطرف المرفوع . وهذه الآلة مستعملة كثيراً لمساواة آلات فلكية ومساحية وغيرها من الآلات التي تقتضي التدقيق في وضعها



شكل ١٠٥

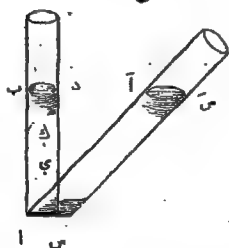
ثم ان هذا الشكل يبدل على فادن له سببة قرصها مستوي فوقها انبوبة زجاج والسائل على جانبي الانبوبة او ب لما كان يمر به سطح افقي فاذا كان شجان مثل ف و ك وكان ف على استقامة اب اذا نظر اليه من او ك على استقامة ب اذا نظر اليه من ب فها على سطح متوازي

لسطح الافق مثل او ب . وهذا الناد كنثير الاستعمال في مساحة الاراضي ١٧٥ الضغط على اي دقيقة كانت من سائل ذي كثافة

واحدة هو كعبها تحت وجه السائل

ليكن اب س د كما في ( شكل ١٠٦ ) عمودان سائل عموديا على

شكل ١٠٦



سطح الافق خذ اي نقطتين شئت مثل ك وي على عمقين مختلفين . وليوم العمودان انما انقسم الى عدة اجزاء متساوية بسطوح افقية . ثم لكون كثافة السائل واحدة في جميع اجزائه فيجب بالضرورة ان يكون الضغط على ك وي من كل الجهات كما مر بالنسبة الى

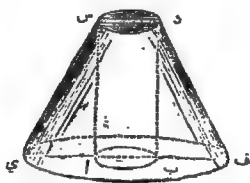
عدد الاجزاء المتساوية فوق كل منها وبالنسبة الى عمقها . تحت وجه السائل

ثم لنفرض العمود  $اس$  على علوب  $س$  ولكنّه مائل كما في (شكل ١٠٧) فحجبه وبالنتيجة ثقله ايضاً يزداد بنسبة ازدياد طوله على علوه . وإنما اذا كان العمود المذكور بحجبه السطح المائل  $س$  من فتحة المجاذبية القاعدة عليه المسببة الضغط تنقص بنسبة زيادة طوله على علوه ( رقم ١٥٧ ) . فإذا بقدر ما يزداد الضغط على القاعدة بزيادة طول العمود يتناقص ميل السطح . فالضغط على نقطة من  $س$  يكون بنسبة عمقه العمودي ويكون ضغط العمود المائل  $اس$  كضغط العمود القائم  $د$

شكل ١٠٨



شكل ١٠٧



وبناء عليه يحكم ان الضغط في وعاء مخروطي سواء كانت قاعدته اصغر من فيه او اكبر يكون بالنسبة الى العلوه . لانه كما في (شكل ١٠٧ او ١٠٨) يمكن ان تتوهم عواميد مائلة على جانبي العمود  $اس$   $د$   $ب$  في كل من الوعائين  $س$   $د$   $ف$  والضغط فيها على نقطه على عمق واحد من وجه الماء يكون بالنسبة الى عمقها كما تقدم

١٧٦ قد قلنا سابقاً ان الضغط على الجوانب مثل الضغط على الاسفل ( رقم ١٧٠ ) فبناءً عليه يحسب بسهولة مبلغ الضغط على جوانب الماء لاي علو كان او على شطوط الانهر والاقنية وغير ذلك . فعلى عمق ثمانية اقدام يكون الضغط على قدم مربع

مساوياً لنقل عمود من الماء قاعدته قدم وعمقه ثمانية اقدم  
وبالنتيجة لنقل جرم ثمانية اقدم مكعبة من الماء . وإذا كان قدم  
مكعب من الماء يساوي ٩٠٠٠ درهم عربي = ٢ وق ١١ ط  
فنقل العمود المذكور  $= ٨ \times ١١ \frac{1}{4} = ٩٠$  رطلاً فالضغط على  
قدم مربع عند اعماق مختلفة يرى من الجدول الآتي

اقدام	ضغط على قدم مربع	اقدام	ضغط على قدم مربع
٠٨	٠٩٠ رطلاً	٥٦	٦٣٠ رطلاً
١٦	١٨٠	٦٤	٧٢٠
٢٤	٢٧٠	٧٢	٨١٠
٣٢	٣٦٠	٨٠	٩٠٠
٤٠	٤٥٠	٨٨	٩٩٠
٤٨	٥٤٠	٩٦	١٠٨٠

ميل أو ٥٢٨ قدم ٥٩٤٠٠ رطلاً  
٥ اميال ٢٩٧٠٠٠

فيظهر انه على عمق ٦٤ قدماً ضغط عمود ماء عند اسفله  
يصير ٧٢٠ رطلاً لقدم مربع . والضغط على قعر البحر حيث  
يكون العمق ميلاً واحداً هو ٥٩٤٠٠ رطلاً لقدم مربع . وحيث  
خمسة اميال فلا يكون ذلك الضغط اقل من ٢٩٧٠٠٠ رطل .  
وعند التدقيق يقتضي ان نلاحظ ملوحة ماء البحر لان المياه

المالحة أثقل من العذبة . فمن هذه الاعتبارات ندرك بسهولة  
 علة الصعوبة العظيمة لحصر عهود عالٍ من الماء ومن ذلك  
 يرى أيضاً عظمة الضغط الفاعل على قعر البحر . قيل ان الحوت  
 الكرينلندي ينزل أحياناً الى عمق ميل ولكن دائماً يصعد وهو  
 يبق الدم من فيه اذ يفعل الضغط على الاوعية الدموية بقوة  
 تجعلها ان تفرغ جانباً ما تحواه من الدم الى الرئتين ومن ثم يجري  
 الى الفم

١٧٧ هذا الضغط العظيم في عمق المياه العميقة قد انضح  
 بدلائل مختلفة فقد عرف منذ زمن طويل عند البحرية انه اذا  
 نُزِلَتْ زجاجة مربعة رقيقة في الماء بتعليق ثقل بها ينزلها تنكسر  
 جوانبها بالضغط عليها الى داخل قبل ان تبلغ الى عمق عشر  
 باعات . واذا نُزِلَتْ قنينة قوية ملائمة ماء مسدودة سداً محكماً  
 بفليئة الى عمق معلوم فاما ان تندفع الفليئة الى داخل بقوة  
 شديدة او ان الماء المالح يخترق الفليئة او جوانب القنينة فيدخل  
 الى داخل من مسامها الرفيعة جداً اذا بقيت الفليئة على وضعها .  
 وقد امتحن الخواجه بركنس اولاً انضغاط الماء بواسطة تغطيس  
 آلة الى عمق خمس مئة باع . اما الآلة فهي اسطوانة نحاسية فارغة  
 تملأ ماء عند ما تنزل في الماء تشبه مدفعاً صغيراً لها خاجز مصنوع

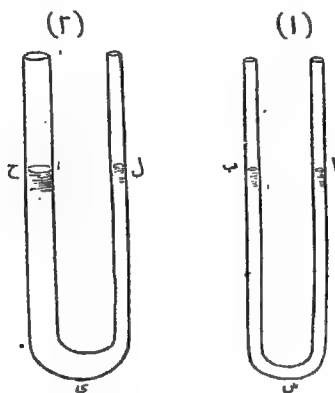
حتى يدل عند ما ترفع الآلة من الماء كم قد انضغطت الى داخل في العمق الاعظم . وهذه الامتحانات نفسها كررت فيما بعد على البرفكان الضغط على الحاجز بواسطة كبس الماء مساوياً ٢٠٠٠ عهود من الهواء

ان زيادة الضغط بزيادة عمق السائل تقتضي كون جوانب الانابيب او القضاظل التي توضع فيها السوائل اقوى كلما كانت اعماق وهذا الامر يقتضي ملاحظته في اسداد الانهر وشواطئها وغير ذلك

انه عند عمق ميل واحد انضغاط الماء هو  $\frac{1}{1442}$  من حجمه فتقله النوعي يزداد بنفس هذه النسبة حتى ان الاجسام التي تغرق قرب وجه البحر قد تعوم عند عمق معلوم قبل ان تصل الى القعر . واذا كان جسم مسامي خفيفاً حتى يعوم قرب وجه الماء فقد يبقى في قعر البحر اذا نزل الى عمق عميق لازدياد ثقله النوعي بضغطه وترشح ماء القعر في مسامه

١٧٨ السوائل من نوع واحد تصعد الى علو واحد في انبوبة منعكفة سواء كانت الانبوبة ذات ثحن واحد ام الجانب الواحد ثحن من الثاني

فعلى الاول لتكن اس ب انبوبة زجاجية كما في الرسم الاول (شكل ١٠٩)  
فاذا صُب فيها ماء الى الحد ا يصعد الماء في س ب الى علوب المساوي علو  
شكل ١٠٩

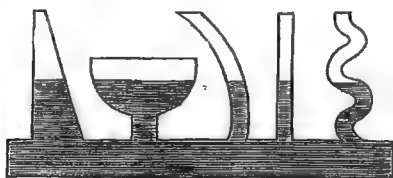


١. وذلك لان العمود اس ب يوازن عمود مثله مساحةً وعلوً  
وعلى الثاني اذا صُب في الانبوبة ح ي ل في العمود ل ي كما ترى في  
الرسم الثاني مقدار من الماء علوه عقدة فيتفرق ذلك المقدار على ل ي ح .  
فاذا فرضنا مساحة دائرة ح ي ثلث مرات مساحة دائرة ل ي وصب في  
ل ي من الماء ما يلي منه عقدة يرتفع الماء في عمود ل ي مقدار ربع عقدة  
ويستقر في العمود ح ي  $\frac{1}{4}$  عقدة لكل عمود  $\frac{1}{4}$  عقدة فيكون ارتفاع الماء في  
الانبوتين واحد. ثم اذا فرض انه صب في ل ي مقدار من الماء يلي منه اربع  
عقد تفرق الاربع عقد على العواميد الاربعة وكل منها يرتفع عقدة . وذلك  
ناج عن كون الماء تجري دقاته الى كل الجهات لسهولة حركتها ولا يرتفع  
في الاكبر عمود واحد منه فقط بمائل الاصغر بل يرتفع في كل الاكبر  
١٧٩ ينتج انه اذا كانت الاوعية والانابيب مختلفة في الهيئة



والسعة (شكل ١١٠) واتصلت بحوض محصور وصب في اي واحدة منها ماء يرتفع الى علو واحد فيها جميعها. ولذلك المياه التي تقتصر في قساطل او تجري في قنوات طبيعية تحت الارض ترتفع بمقدار هبوط اصلها. وذلك علة لكون بعض الينابيع تفور الى اعلى وعلة ارتفاع عهود من الماء في النوفرة الصناعية الى فوق وجه الارض. والمياه التي تجلب في قساطل من مكان بعيد قد يكون بينها وبين

شكل ١١٠



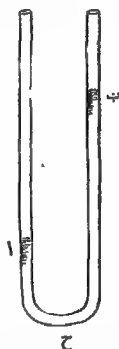
البلدة التي تجلب اليها جبال ووديان والقساطل تصعد وتنزل في الجبال والوديان. والماء اذا كان محصوراً فيها يرتفع في تلك البلدة الى علو اصلها. فاذا كان الينبوع منخفضاً عن المكان الذي يقصد جلب مائه اليه بقساطل فلا يمكن اجنابته وكذلك لا يجري الماء اذا كانت بعض القساطل اعلى من الينبوع الاصلي

ان القنوات التي اصطنعها الرومانيون قديماً هي من اعجب واغرب اطلال صنائعهم. فعدة منها طولها من ثلاثين الى مئة ميل ومركبة من

قنوات مبنية من حجارة وكانت تمر في الوديان على قناطر عالية جداً ومتينة  
كقناطر زيدة الكائنة فوق نهر ييسوت وأحياناً تخرق لها الجبال على بعد  
شاسع كالسرداب الموجود أيضاً عند قناطر زيدة . ومن كون القدماء  
بنوا قنوات بتعب وإقر كذا اذ رفعوها الى علو شاسخ لقطع الوديان عوضاً  
عن ان يجرى الماء على المبدأ المذكور قد ظن البعض انهم لم يكونوا يعرفون هذه  
الحقيقة . ولكن يظهر من ملاحظات اخر انهم كانوا يعرفونها ويهتمون فائدة  
التصاقل في جلب الماء ولعل مصروف القضاطل وصعوبة اصطناعها قوية  
حتى تكفي لمقاومة الضغط اذا وضعت على عمق اوطي من الينبوع جداً منعام  
عن استعمالها العموي

١٨٠ اذا كان سائلان النقل النوعي في احدهما مختلف عنه  
في الآخر فلا يكونان على علو واحد اذا توازنا على جانبي انبوبة  
ملتوية وكان اسفل كل منها عند وسط قاعدة الانبوبة بل يختلف  
علوها بالقلب كما يختلف ثقلها النوعي

شكل ١١١



لتكن احب انبوبة ملتوية فاذا صب في العمود  
ازيقي مثلاً وصب في العمود ب ماء واستقر اسفلها  
في وسط قاعدة الانبوبة عند ح فترى ارتفاع عمود  
الماء يكون ١٢٢٦ مرة ارتفاع الزيقي وبناء عليه نخرج  
ان الثقل النوعي للزيقي هو ١٢٢٦ . ومثل ذلك  
اذا انصب في العمود ب ماء وفي العمود ا زيت او  
عرق نرى ان علو عمود الماء ٢٢٢٣ من عمود  
العرق و ٢١٥ من عمود الزيت ومن ذلك يعرف  
ان الثقل النوعي للعرق ٢٢٢٣ والثقل النوعي للزيت

٢٩١٥ إذا كان الماء واحداً . وعلى ذلك يمكن ان يصطنع آلة كذبه تقرض على جانبيها عقد واجزاء من عقد لاجل معرفة الثقل النوعي لاجناس مختلفة من السوائل . وبرهان ذلك ان العمود يختلف حجمه عن العمود ب كاختلاف علوه لكون قواعدها متساوية كما يعرف ذلك من علم الهندسة . وانما الحجم اذ يتوازن العمودان يختلف بالقلب كالثقل النوعي اي متى تضاعف الحجم يتنصف الثقل النوعي ومتى صار ثلاثة اضعاف ما كان يصير الثقل النوعي ثلث ما كان وهلم جرا وبالعكس وذلك امر بين . فاذا العلو يختلف بالقلب كالثقل النوعي

١٨١ ويوجد نوع آخر من المقياس لثقل السوائل النوعي وهو ما يقال له الهيدرومتر وهو الأكثر استعمالاً

شكل ١١٢



كما يدل عليه بهذا الشكل . وهو مؤلف من بلبوس وعنق طويل متصل به . فاذا كان يغرق في الماء الى حيز مفروض فالامر واضح انه في السوائل الاتخف يغرق بزيادة فيمكن ان تقرض على عنق هذه الآلة اقسام بها يعرف الثقل النوعي لاي سائل كان اذا وضعت فيه . ويوجد انواع اخر من الهيدرومتر لا موضع لذكرها هنا

١٨٢ الضغط على قاعدة موازية للافق من اي وعاء كان فيه ماء او سائل آخر من كثافة واحدة يساوي ثقل عمود من السائل يعرف بضرب القاعدة في علو الماء او السائل الآخرهما كانت هيئة الوعاء

لنفرض وعاء مثل هذا الشكل له الانبوبة غ ض مملوءة ماء الى علو غ وقاعدته ا س . فالضغط عند ض ص مساوياً لثقل عمود ماء علوه غ ص .

شكل ١١٣



واذا فتح ثقبه في اي مكان كان بين ا و ض اوب و ص سعتها - ض ص وادخل فيها انبوبة اخرى مثل غ ض دخولاً محكما فالماء يرتفع الى علو غ

كما مر . فانا الضغط في كل مكان بين اوب الى فوق يساويه عند ض ص . فينتج ان على كل جزء من س د الضغط الى اسفل برد الفعل مثل الضغط تحت العمود غ ض . فيبلغ الضغط على سطح مفروض من السائل لا يعرف من مقدار الماء في الوعاء ولكن من العلو الذي يصل اليه الماء . واذا جعلنا اسفل الوعاء ا ب س د متسعاً جنأ والانبوبة غ ض رفيعة جداً فالضغط على القاعدة قد يكون مئات اوالوف من المرات اعظم من ثقل كل الماء في الوعاء لان الضغط يكون كما اذا ارتفعت الجوانب الى ي وف وامثالاً كل الحوض ي س د الى علو غ . وذلك لان الضغط يتفرق الى كل الجهات لسهولة حركة دقائق الماء كما مر . كما يرى في الامتحان كما في هذا الشكل

شكل ١١٤



لتكن م مثانة متفوخة في وعاء مثل ا . فاذا ضغط على الماء باسطوانة عند سطحه كما في (شكل ١١٤) يظهر ان الضغط المتصل الى المثانة بواسطة الماء يكون من كل الجوانب لان جدرانها عند ضغط الماء

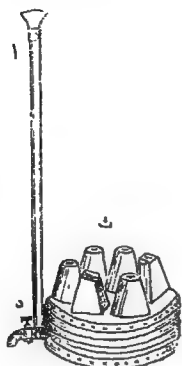
تقترب بعضها الى بعض من كل جهة اذ ينضغط الهواء داخلها

١٢٣ اذا امتلا برميل متين مثل ا ماء وادخل فيه انبوبة ب س كما في (شكل ١١٥) وصب فيها ماء فقد ينفرز البرميل فينجر منه الماء اذا انسكب في الانبوبة مقدار قليل منه وذلك لعظم الثقل على اعلاه وجوانبه

شكل ١١٥



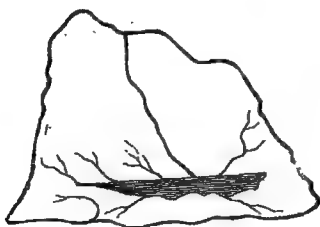
شكل ١١٦



ويتأكد ما قيل من منفاخ الماء أيضاً كما في ( شكل ١١٦ ). فإذا امتلأت الأنبوبة أدماء فالضاغط على سطح المنفاخ أي القوة التي ترفع الانتقال الموضوعة عليه تساوي ثقل اسطوانة من الماء التي قاعدتها سطح المنفاخ وطولها أدماء ولكن هذه الاسطوانة أدماء: مساحة سطح المنفاخ: مساحة قاعدة أدماء يعرف الثقل ث على سطح المنفاخ الذي يوازن عمود الماء أدماء من ضرب مساحة سطح المنفاخ في ثقل العمود أدماء وقسمة المحاصل على مساحة قاعدة أدماء. فمساحة القاعدة في اسطوانة متصلة حاوية ماء تتغير كالثقل ولنا

هنا نسبة تشبه نسبة الخلل. فإذا

شكل ١١٧



فرضنا مساحة سطح المنفاخ - م

ومساحة قاعدة العمود - م وثقله

ث تكون نسبة ث : م : م : م

١٨٤ هذا الضغط يظهر

أحياناً في الطبيعة عجيماً بفلق

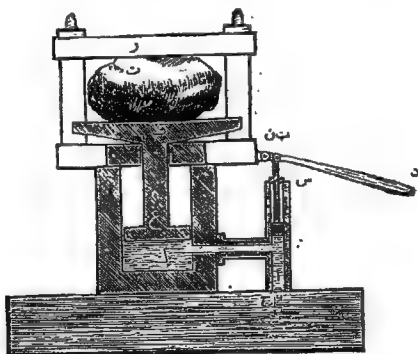
الصخور أو تشقق الجبال أو انفجار

المياه . لنفرض انه يوجد بركة ماء كبيرة داخل جبل كما في ( شكل ١١٧ )  
وينصب اليها مياه محصورة في اقنية عالية فاذا امتلأت هذه الاقنية ولم يكن  
مصرف للماء يحدث من ذلك ضغط منفرط جداً قد يكون كافياً لتشقيق  
الجبل فينبجر الماء

١٨٥ من ملاحظة الاحكام الطبيعية السابقة في السائلات  
قد اُخترع مكبس الماء الذي ينفع بمجملته اعمال مثل عصر الزيت  
وكبس الورق وغير ذلك وهذه صورته

في الانبوبة ( شكل ١١٨ ) يتحرك المدك من داخل فيها دخولاً محكمًا  
واذ يرتفع هذا المدك يزرق الماء الى داخلها بضغط الهواء على المحوض من  
خارج كما سيأتي في الهوائيات داخلًا من عند المصراع ح رافعاً اباه اذ  
يفتح الى فوق تابعاً للمدك في صعوده . ثم عند تنزيل المدك يضغط على

شكل ١١٨



الماء وينطبق المصراع المذكور ويدخل الماء الى ك فيرفع العمود ع ف  
داخل برميل حديد سمكه نحو نصف قدم ويكبس العمود على الثقل ث

فينضغط بينه وبين العارضة والتي تجعل متينة جداً لاجل احتمال ضغط قوي

ولا يخفى ان ضغط المدك س مثل ضغط عمود في انبوبة انقلبه مساو لضغط المدك. وحسب ما تقدم الضغط على العمود ع ف يزيد على ضغط المدك س بنسبة زيادة قاعدة هذا على قاعدة ذلك. ثم ان الخل ن د يجعل ضغط س اعظم من القوة عند د فيبقى فعل الآلة جداً

لنفرض مساحة قاعدة المدك س - م وضغطه - ض ومساحة قاعدة العمود ع ف - م وضغطه - ض فيكون

$$\text{ض} : \text{ض} :: \text{م} : \text{م}$$

وانما اذ كان الثقل في هذا الخل عند ب بين القوة والدرك تكون

$$\text{ق} : \text{ض} :: \text{ن} : \text{ب} :: \text{ن} : \text{د}$$

بالضرب ق : ض :: م : ن ب : م X ن د

اي ان القوة عند طرف الخل الى الضغط عند الثقل ث كنسبة حاصل مساحة قاعدة المدك س في بعده عن الدرك الى حاصل مساحة قاعدة المدك ع ف في طول الخل

يوجد في مطبعة الاميركان في بيروت مكبس ماء قطر قاعدة العمود ع ف فيه يساوي ٨ عقد وقطر قاعدة المدك س يساوي ١/٨ عقد وطول الخل ن د يساوي خمسة اقدام وطول ن ب الذراع الاقصى يساوي عقدتين ونصف فاذا فرض ان قوة ١٠ ارطال تفعل عند طرف د فكم رطلاً يساوي ضغط هذه الآلة

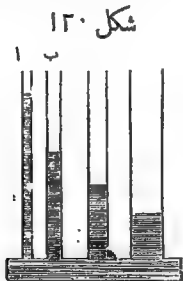
الجواب ٣٩٢٣١٢٦ رطلاً

١٨٦ المجازية الشعرية. قد تقدم القول في الكلام على

المجازية الشعرية (رقم ٣٦) انها ليست سوى نوع من المجازية

العامة لان مرجعها اليها . وانه سبب ارتفاع السائل في الانابيب الضيقة السعة أكثر من ارتفاعه في الأوسع منها ان مادة السائل في الانابيب تزداد على نسبة اعظم من نسبة ازدياد قوة الجاذبية في جدرانها فتغلب جاذبية ثقل السائل على جاذبية الانابيب ويختفض السائل عند اتساعها وقد أوضحنا سبب ذلك هناك

١٨٧ اذا وضعنا الانابيب المذكورة في الزيت يهبط الزيت الى اسفل كما يرتفع الماء الى اعلى وذلك لكونه لا يوجد جاذبية التصاقية بين الزجاج والزيت . اي انه اذا غطس فيه لا يلتصق عليه شيء منه ولكن بما انه للزيت جاذبية التصاق بالذهب فاذا غطست انابيب ذهبية في الزيت يرتفع فيها كما يرتفع الماء في الانابيب الزجاجية . ولكن ما هي العلة لكونه توجد جاذبية التصاق بين الذهب



والزيت وتدافع بين الزجاج وبينه ذلك غير معروف ولعل للكهربائية مدخل في ذلك

١٨٨ الماء يرتفع في انابيب

شعرية متساوية طولاً مغطسة فيه فوق سطحه ويختلف ارتفاعه بالقلب كطول اقطارها . كما يرى في (شكل ١٢٠) فتري الماء اعلى



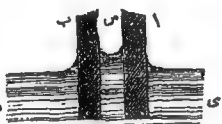


الى الارض

١٨٩ اذا المجاذبية الشعرية مرجعها كما اشرنا الى المجاذبية العامة للمادة. فلان جاذبية مواد جدران الانايب القليلة قد كانت كافية لرفع كمية قليلة من السائل رفعتها. والذي يؤيد ما قيل ان ذلك ليس بمختص في الانايب الشعرية بل يظهر ازدياد السائل ايضاً اذا قربنا لوح زجاج من اخر وغسناها في الماء

ليكن اوب (شكل ١٢٠) لوح زجاج وليغرس في حوض مثل د

شكل ١٢٠



فان عمود الماء س يرتفع فوق سطح الماء وذلك لنفس سبب ارتفاعه في الانايب وهو ان جاذبية مادة الزجاج التي ظهرت على سطوحه رفعت

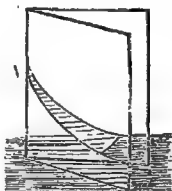
كمية قليلة من مادة السائل. ودليله ان المجاذبية تظهر ايضاً على السطح الخارج بارتفاع الجزء من السائل الذي يلاصقه. ويبرهن كما تبرهن سابقاً ان علو السائل بين لوح زجاج يتغير كتنغير البعد بينها بالقلب اي كلما زاد البعد قل العلو وبالعكس. وبسبب تنغير سطح العمود س كما ترى كون جاذبية السطوح اقوى على الجزء من السائل الاقرب اليها

١٩٠ ان هذه التجربة تبين ما قيل ان علو السائل في الانايب

اوبين الواج الزجاج يتغير كقطار الانايب او كعرض السائل ليكن س وب لوح زجاج كما في (شكل ١٢١) فتعدين عند احدى

بجعل سطحها زاوية حادة وليغمسا في ماء فالماء حينئذ يرتفع في النسخة بينها

شكل ١٢١



على هيئة منحني يسمى شلجي وعلو الماء بين  
السطحين يكون اعظم كل ما قل البعد  
بين السطحين من السطحين اللتين البعد  
بينها يوازي سطح الافق

اذا غمست انايب او الراح زجاجية  
قرية من بعضها بعض في سائل الزبيق

ترى ان السائل يهبط كما يرتفع الماء . وذلك لان جاذبية الزجاج تدفعه  
عوضاً عن ان تقربه اليه . وترى ان سطح الجزء من السائل الذي قد هبط  
محدبا وذلك لان قوة الدفع هي اقوى على الدقائق القربى الى سطح الزجاج .  
وهبوطه يتغير كتنغير اقطار الانايب او البعد بين الالواح بالقلب وذلك  
يبرهن كما يبرهن سابقاً

١٩١ الاكروسمس والاندوزمس . اذا فصل بين سائلين  
بحاجز مسامي وكان احدهما السائلين قابل الامتزاج مع الآخرهما  
مختلفان في الثقل النوعي تدخل دقائق من احدهما الى الآخر  
وتخرج من دقائق الآخر اليه في مسام الحاجز المذكور وذلك ما  
يعرف بالاكروسمس والاندوزمس وهما لفظتان يونانيتان معناها  
الخروج والدخول . وسبب ذلك ان الطبيعة تطلب التعادل  
في الثقل النوعي بين السائلين فتميل دقائق احدهما للسير الى دقائق  
الآخر ودقائق الآخر كذلك . ويساعدها في النفوذ في مسام  
الحاجز المجاذبية الشعرية الكثيفة في المسام

فاذا اخذنا مثانة صغيرة او صفيقة اخرى شبكية آلية وربطناها  
بانبوبة مفتوحة من الطرفين كما في (شكل ١٢٢) وملئت المثانة عرقاً او كحولاً  
وغمسنا مربوطة بالانبوبة في وعاء ماء الى عمق بحيث يهتوي سطح الماء وعنق  
المثانة ففي برهة قصيرة يلاحظ ان العرق يرتفع شكل ١٢٢



الى ان يصل الى راس الانبوبة ويفيض . وهذا  
الارتفاع في الانبوبة علته ان الماء يترشح وينفذ في  
مسام المثانة بقوة فيستج ما يقال له الاندوسمس  
اي الدخول . وفي الوقت نفسه كمية من الكحول  
تنفذ في مسام المثانة وتخرج بالماء في الوعاء الخارج  
وذلك ما يسمى بالأكروسمس اي الخروج . ولانما  
كمية الكحول الخارجة من المثانة التي تخرج في  
وقت مفروض مع الماء اقل من كمية الماء الداخلة  
في ذلك الوقت وبالنسبة لتمدد المثانة اذ قد وجد

فيها اكثر مما كان قبلاً من السائل فتضغط الى الاعلى في الانبوبة

وهكذا اذا ملأنا قنينة عرقاً وغمسناها في الماء نرى بعد برهة ان الماء  
قد دخل الى داخل القنينة فتعكس العرق ومثل ذلك اذا كان صندوق  
مقسوماً الى قسمين بواسطة حاجز مسامي ووضعنا في الجانب الواحد قطر  
السكر وفي الجانب الاخر ماء

١٩٢ ان الجاذبية الشعرية تظهر في مواد كثيرة ما لوفة  
كفتايل المصابيح فلكون الجاذبية الشعرية لا ترفع الزيت الى  
علو عظيم الاحسن ان يملأ المصابيح يومياً بالزيت لكي يكون  
راس القنينة قريباً من وجهه فتدفع الجاذبية الشعرية بسهولة فلا

يشخض. ثم اذا غمس طرف خرقة في وعاء ماء وتدلى الباقي منها على حافته فالماء يرتفع مترشحا في القماش ثم ينقط بالتدريج منه وعلى هذا الاسلوب قد يمكن ان يفرغ من الوعاء جميع السائل . ثم اذا وجد رطوبة عند اسفل كومة رمل او قطعة من سكر او اسفنجة فتتصاعد تلك الرطوبة في مسامها بقوة الجاذبية الشعرية ثم تصير كلها رطبة . ثم ان الطبقة السفلى من بيت ذي طبقتين تترطب في ايام الشتاء لهذا السبب نفسه . والخشب كذلك اذا وضع في ماء يصعد الماء فينرخ فيه . ولما كان ينتفش فيتهدد بداعي دخول الماء فيه فقد يتخذ واسطة لنشيف الصخور كما اشرنا (رقم ١٤)

## الفصل الثاني

### في الماء الجاري او الهيدرولك

١٩٣ الهيدرولك لفظة يونانية معناها ماء القضايل . وهو فن يبحث فيه عن شرائع ومفاعيل السائلات الجارية وموضوعه خروجها من اثقاب وجريها في انابيب وقنوات وتموجها ومقاومتها الاجسام الجامدة المتحركة

ويقتضي ان نعلم في هذا الفن على الامتحان اكثر مما على حكم  
العقل النظري لاثبات قضية اذ كانت الاحوال في سائل واحد  
تختلف كثيراً. وذلك كاختلاف درجة الحرارة والصفاء والجاذبية  
بين دقائقه التي يتوقف عليها سيلانه والفرك على جوانب الوعاء  
ومصادمة الهواء ومقدار الوعاء بالنسبة الى الثقب وهيئة الثقب  
نفسه والجهات المختلفة التي تجري فيها العواميد الرفيعة من  
السائل الى الثقب وعدم انتظام الحركة الذي يحصل للسائل  
بدواعي مختلفة

١٩٤ قد لاحظ علماء هذا الفن كيفية ثفرغ او خروج الماء  
من وعاء في اثقاب صغيرة بامتحان مدقق في قعر او جوانب  
الوعاء بواسطة ادخال ذرات صغيرة جامدة تظهر مجرى السائل  
في وعاء زجاجي. فظهر ان دقائق السائل تنزل بخطوط عمودية  
على سطح الافق حتى تصل الى بعد ثلث او اربع عقد عن الثقب  
وحيثئذ تعرج عن ذلك الخط جارية الى نحو الثقب. وعند  
ما يقترب سطح السائل الهابط في الوعاء الى الثقب بظهر تجويف  
على هيئة قمع. والدقائق المختلفة التي انقسمت الى الثقب لتجتمع في  
نقطة خارجة على بعد من مركزه يساوي نصف قطره ذاته وهذه  
النقطة يقال لها عقدة التجمع

١٩٥ من القضايا العديدة التي تدرج في فن الهيدرولك  
 تنتخب القضايا الآتية الأكثر اعتباراً لكونها ذات لزوم لأمور  
 مستعملة دارجة

أولاً إذا جرى سائل في أنبوبة أو قسطل أو حية من  
 معدن أو خلافه وكان دائماً مائلاً فسرعتها في أي جزء كان من  
 مجراها تكون بالقلب كمساحة القطع عند ذلك الجزء

لنفرض مرور مساحة قطعين لأنبوبة ذات فراغ مختلف وتندل  
 س وس على سرعتي السائل الذي يجري في مرور. فهتدار السائل الذي  
 يجري في أي قطع كان لا بد أن يتوقف على مساحة القطع والسرعة معاً. وإذا قد  
 فرض أن الأنبوبة تبقى دائماً ملانة ففي أقطار مختلفة يجري ذلك المقدار في  
 أوقات مختلفة لأن الانسيب تفرغ من السائل الذي يجري فيها مفادير  
 متساوية في أوقات متساوية فإن زادت مساحة القطع نقل السرعة  
 فيطول الوقت لجران المقدار وإن نقصت المساحة فبالعكس. فالمقدار  
 الذي يجري في واحد من الوقت يساوي في كل قطع مساحة القطع  
 مضروبة في السرعة. فإذا  $X$  س -  $M$  س أي  $M : S :: S : X$   
 أعني أن السرعة بالقلب كمساحة القطع. فينتج من هذه القضية أن سرعة  
 مجرى تزداد كنفصان العرض والعقب

١٩٦ أنه في جريان سائل في أنبوبة الأجزاء القريبة إلى  
 المجر أسرع من القريبة إلى الجوانب وفي كل قنا أو نهر سرعة  
 المجر أعظم عند الأجزاء الوسطى التي يقال لها عند العامة السبلة

ما عند الجوانب وأعظم عند سطح الماء مما في القعر وذلك لان  
فرك الجوانب والقعر يصد القريب اليها من السائل ويجعلها بطيئة.  
فيقتضي اذاً ان يؤخذ معدل السرعة من ثلاثة اقيسة متنوعة على  
الاقل

مثالة وجدت سرعة مجرى انما كانت

على وجه السبلة - ٥ اميال في الساعة

عند القعر - ٢ . . .

عند الجوانب -  $2\frac{1}{2}$  . . .

اذاً معدل السرعة -  $\frac{5+2+2\frac{1}{2}}{3} = 3\frac{1}{6}$  اميال في الساعة

ولكى نجد كمية الماء الذي يجري في نهر يقتضي ان نعرف أولاً مساحة  
قطع جزء من النهر متساوي العرض بضرب عرضه في عمقه عند ذلك  
القطع اذا كان العمق واحداً حيثما يقاس او بضرب عرضه في معدل عمق  
القطع اذا اختلف كما يحدث غالباً. ويؤخذ المعدل لعمق قطع بقياس اعماق  
مختلفة منه وقسمة مجموع كل الاعماق على عدد مرات الاقيسة. ثم اذا ضربت  
هذه المساحة في معدل السرعة بحصل الكمية المطلوبة

مثاله قاس شخص عمق مجرى في ثلاثة اماكن من قطع فيه فكان معدله  
 $8\frac{1}{2}$  قدم وعرض المجرى ٥٦٠ قدماً ولاحظ سرعة جريان الماء بري هباء  
يطفو على وجهه فوجد ان معدل سرعة المجرى كانت ٩٦ قدماً كل دقيقة  
فكم كان بفرغ ذلك المجرى من الاقدار المكعبة في كل دقيقة

الجواب  $8\frac{1}{2} \times ٥٦٠ \times ٩٦ = ٤٥٦٩٦٠$  قدم مكعب في الدقيقة

١٩٦ ان المياه وسائر السوائل كبقية المواد الجامدة خاضعة

لحكم الجاذبية فلا تجري الا اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق

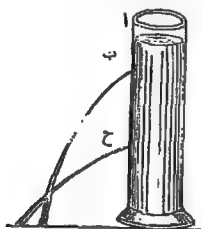


او مائلاً عليه . ولسهولة حركة دقائقها انخفاض قليل يجعلها تجري .  
فانخفاض ثلاث عقد كل ميل في قنأ املس مستقيم يكسبها سرعة  
ثلاثة اميال كل ساعة . ونهر الكنك الذي تنصب اليه مياه جبال  
حملايا على بعد ١٨٠٠ ميل من مصبه علوه فوق سطح البحر ٨٠٠  
قدم فقط . فلكي يمر الماء في هذا السطح المائل يقتضي له أكثر من  
شهر . ولكن لا يقتضي ان نحكم ان سرعة مجرى الماء تزداد كهرع  
الوقت على انخفاض طفيف بموجب شريعة سقوط الاجسام  
الجامدة على سطوح مائلة . وذلك لسبب فرك الماء على القعر  
والجوانب وخشونة المجرى وارتفاعه وانخفاضه وغير ذلك فلاجتماع  
هذه الاسباب ترى حركة الماء على سطح قليل الانخفاض متساوية .  
وما يعيق حركة الماء في مجراه وجود الزوايا بين القساطل  
لكونها تصادم الماء حينئذ في مجراه . فيقتضي لاجل تسهيل جريان  
الماء ان نجعل زوايا القساطل على هيئة تعاريج منخية عند ما يراد  
ردها عن جهة مستقيمة . ويجب ان يعتبر في السائلات ايضاً ان  
الزخم متوقف على السرعة والمادة معاً كالاجسام الجامدة ويعرف  
مقدار ذلك من حاصلها ولذلك كلما زادت سرعة الماء ومادته  
زاد مفعولة كزيادة حاصلها

١٩٧ السرعة التي يتفرغ بها سائل من ثقب صغير في قعر

اوجانب وعاء يدوم ملأنا نثغير كالجذر المائي من العمق تحت  
وجه السائل

فليدل ك وك على كميتين من السائل متفرغتين من ثقيين مختلفين  
عمقا مثل ب وح (شكل ١٢٣) شكل ١٢٣



ولندل س وس على سرعتهما واب  
واح على عمقها . ثم لما كان الضغط  
على اعماق مختلفة يختلف كالعمق والزخم  
ايضا يختلف كقوة الضغط فالزخم  
يختلف كالعمق . فتسبة س : ك : س  
X ك : : اب : اح . ولكن في ثقب

مفروض كمية السائل المتفرغ تختلف كالسرعة كما لا يخفى اوس  $\infty$  ك  
اذ اس : س : : اب : اح  
اوس : س : : اب : اح

١٩٨ ان السائل يتفرغ من ثقب في قعر اوجانب وعاء يدوم  
ملأنا بالسرعة التي يكتسبها جسم يسقط من وجه السائل الى ذلك  
الثقب

لانه اذا فرض في (شكل ١٢٣) اب - ب علو الثقب الذي سرعة  
السائل فيه - س واح - ب علو الثقب الذي سرعة السائل فيه - س  
يكون بموجب ما مر

س : س : : ب : ب  
او بالضرب في ب ج

س : س - ١٢ (ج ب) : ١٢ (ج ب)

ثم اذا فرضنا س - سرعة صفحة صغيرة الى غير نهاية من السائل عند وجهه في ثقب تحتها فتكون سرعتها صفراً لكون الضغط صغيراً الى غير نهاية وبينها ب - صفراً اذ كان علو الثقب صغيراً الى غير نهاية وتكون في النسبة المذكورة س - ١٢ (ج ب) لكون كل منها صفراً . فاذا س - ١٢ (ج ب) والسرعة الاخيرة لجسم يسقط في الين ب - ١٢ (ج ب) (رقم ٧٥) فسرعة السائل في كل ثقب اذا تفرغ من وعاء يدور ملأنا تساوي السرعة التي يكتسبها جسم يسقط في علو الثقب

فمن ثقب عمقه  $17\frac{1}{2}$  تحت وجه الماء سرعة التفريغ  $22\frac{1}{2}$  قدم في الثانية لان هذه هي السرعة الاخيرة لسقوط جسم في  $17\frac{1}{2}$  قدماً . وعند عمق اربعة اضعاف هذا العدد اي  $74\frac{1}{2}$  السرعة تتضاعف فقط اي تكون  $74\frac{1}{2}$  قدم في الثانية وهم جراً

ثم لما كانت سرعة التفريغ عند اي عمق كان تساوي السرعة الاخيرة لجسم يسقط في مثل ذلك العمق يتج ضرورة انه اذا اريد اتمام عمل ميكانيكي بالماء كندوير دولاب مطحنة فلا فرق بين ان الماء يخرج من كوف في اسفل على جهة افقية ويدفع الدولاب او يسقط على الدولاب من اعلى الحوض على ان الاول انسب لكون السائل حينئذ يسلم من مقاومة الهواء التي يلاقها بتدوله من اعلى الحوض بموجب الحال الثاني

١٩٩ اذا امتلاء وعاء اسطواناني او موشوري سائلاً وكان قطعة الموازي سطح الافق واحداً حيثما كان وتفرغ من ثقب ولم يدم ملأنا نغير سرعة هبوط وجه السائل فيه كتغير الجذر المالى من العمق كما ان سرعة الثقب تتغير كذلك كما مر

لأنه إذا فرض ب - العبق من وجه السائل الى الثقب وس سرعة  
التفريغ من الثقب تكون كما مر نسبة س : س : ب : ب : ب . ولما  
كان قطع الوعاء مفروضاً واحداً فلا يخفى أنه إذا كان قطع الوعاء مساوياً  
لثقب تكون سرعة هبوط السائل فيه تساوي سرعته في الثقب وإذا اختلف  
قطع الوعاء عن الثقب اختلف سرعة هبوط السائل في الوعاء كالقطع بالثقب  
حيثما كان وجه السائل . فإذا فرضنا د سرعة وجه السائل في الوعاء و م  
مساحة الوجه وح مساحة قطع الثقب يكون

د : س :: ح : م وإذا هبط وجه الماء شيئاً يكون

د : س :: ح : م

فإذا أ د : د : س : س

وكما مر س : س : ب : ب : ب

إذا د : د : ب : ب : ب

٢٠٠ وعلى هذا المبدأ قد اصطنعت ساعة الماء المنفاة باصطلاحهم  
كليس درا . وتعليل ذلك أنه إذا كان هبوط وجه الماء متباطئاً ابداً كالإيمان  
فالإيمان التي تمر بها في اوقات متساوية إذا ابتدأنا من أسفل في كالأعداد الوترية  
او ٢ او ٥ او ٧ الخ . وإذا اصطنع لوعاء ماء اسطواناني الشكل ثقبه عند أسفل منها  
يتفرغ كل ماء الوعاء في ٢٤ ساعة تماماً وانقسم جانب الوعاء الى ٥٧٦ قسماً  
متساوياً من رأسه الى أسفل وعند نهاية ٤٧ قسماً منها من الرأس رسم ا ومن  
ثم عُدَّ ٤٠ قسماً ورسم ٢ ولمَّ جرّاً فذلك الأرقام الاربعة والعشرين تدل على  
ساعات اليوم

٢٠١ إذا لاحظنا بالتدقيق الوقت الذي فيه يتفرغ وعاء

اسطواناني او موشوري قطعه الافقي واحد حيثما كان الى حد ثقبه  
مفروضة . ثم جعلنا السائل يجري من الثقب والوعاء يبقى ملأنا

دائماً في نفس الوقت نحصل في الحالة الثانية على كمية من السائل ضعف الكمية في الحالة الاولى. لان اذا بقي الوعاء ملاناً دائماً فالسرعة عند الثقب وبالضرورة الكمية المتفرغة منها تبقى على حالها الاولى. ولما كانت ظروف هذا الامر كليا المشابهة لظروف جسم صاعد عهوديا الى فوق وكان الجسم الصاعد يمر بمضاعف البين اذا بقي على السرعة الاولى في نفس الوقت الذي فيه يصعد بسرعة متباطئة فالامر واضح من ذلك ان كمية السائل الخارجة من الثقب اذا بقي الوعاء ملاناً تكون مضاعف الخارجة اذا لم يضاف ماء الى الوعاء ليبقى ملاناً

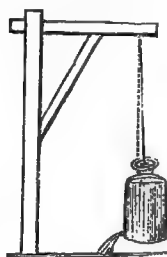
٢٠٢ السائل المتفرغ من جانب وعاء يرسم منحنيًا يسمى بالشَّجَبي. وذلك لان ظروف السائل المتفرغ مطابقة بالتام لظروف الجسم المرمي لان الضغط عليه عند الثقب كناية عن قوة تدفعه الى بعد ما وحسباً تقدم في الكلام على الاجسام المرمية يرسم منحنيًا شلجبيًا

٢٠٣ اذا رسم نصف دائرة على الجانب العنودي من وعاء يبقى ملاناً مجعولاً قطراً وتفرغ سائل على جهة افقية من اي نقطة كانت في ذلك النطر فبعدها الاقي عن اسفل الوعاء يساوي ضعف المعين لتلك النقطة



٢٠٤ قد تقدم الكلام ان ضغط السائل الذي بخنويه وعاء عند علو واحد متساوي الى كل الجهات فيضغط على جوانب الوعاء المتقابلة على التساوي ولذلك يبقى راكداً. فاذا ازلنا الضغط

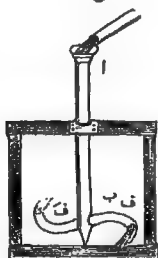
شكل ١٢٥



من احدى نقطتين متقابلتين من جانبي وعاء مع بقاءه في الآخر يجعل ثقب يجري منه السائل على الجانب الواحد فالضغط الباقي على الجانب الآخر يميل الى ان يحرك الوعاء الى جهة ذلك الجانب. فاذا علقنا وعاء

ماء زجاجياً كرقاص (شكل ١٢٥) وفتحنا ثقباً صغيراً على جانب واحد منه فالضغط على هذا الجانب اذا كان قد زال وبقي على

شكل ١٢٦



الآخر فالوعاء يتحرك الى جهة الجانب المتقابل من الثقب ويبقى على علو ما فوق مكانه الاول

٢٠٥ على هذا الناموس اخترعت طاحون باركر واصطناعها كما في هذا الشكل. اب اسطوانة فارغة متحركة حول

محور عمودي وف اسطوانة اخرى عمودية على الاولى وعلى موازاة الافق متصلة بهما من داخل وعند طرفيها المنعكفين فوهتان على جانبي هذه الاسطوانة

مفتوحان الى جهتين متقابلتين . وقد فرض في الشكل ان الفوهة عند  
ف هي امام القاري وعند ف على الجانب الثاني من الانبوبة والماء ينصب  
من فوهة حية لكي تبقى الاسطوانة اب ملانة دائماً واذا كان الماء يخرج جارباً  
من ف وف فالضغط على جانبي الاسطوانة المتقابلين هاتين الفوهتين بفعل  
على الذراعين ف ب وف ب ويدبر الاسطوانة الافقية التي تدبر الاسطوانة  
اب والالات المتحدة معها . فضغط عمود من الماء هنا يفيد جداً لانه بتطوير  
ذراعي ب ف وب ف مع بقاء قوة الضغط على طرفيها يزيد ربح القوة على  
الثقل كما يحدث في تطويل ذراع الخل الذي يلي القوة او تكبير الدولاب  
التي تفعل عليه القوة وكذلك تزيد قوة التباعد عن المركز . وهذه الالة  
تعد عند الميكانيكيين الاعظم فعلاً اذا قصد استعمال قوة كمية مفروضة من  
ماء يسقط من علو مفروض لتشغيل آلة

٢٠٦ انه بوضع انبوبة للثقب الذي يجري منه سائل يسهل  
تفريغته وذلك بخلاف المظنون . لانه بداعي الفك الذي يحدث  
من مرور سائل في انبوبة قد يظن ان ثقباً بسيطاً مصنوعاً في وعاء  
يكون انسب لتفريغ السائل من فوهة مستطيلة . ولكن قد وجد  
بالامتحان ان وعاء من تنك ذا ثقب املس عند اسفله لا يفرغ ماء  
بسرعة آخر حاو نفس المقدار من الماء ذي ثقب متساو  
لثقب الاول مركبة له انبوبة قصيرة او حنفية . وبتغيير طول  
الحنفية قد عرف انه اذا كان طولها ضعف قطرها تكون الاسرع  
تفريغاً اذ تفرغ ٦٢ مقداراً من الماء في مئة ثانية بينما الثقب  
البسيط لا يفرغ سوى ٤٦ في الوقت نفسه . ولكن ان كانت



الحنفية أو الانبوبة نائمة الى داخل الوعاء فالكمية المفرغة تنقص  
عوض ان تزداد بها

اذا ارسل الماء في حية اسطوانية مستقيمة على اي بعد كان  
فالماء المفرغ يمكن ان يزداد بتدبير هيئة نهايتي تلك الحية فقط  
اعني بجعل طرف الحية المتصل بالحوض ذا هيئة مخروطية على  
هيئة عقدة التجمع كما تقدم ( رقم ١٩٤ ) ويجعل الطرف الآخر  
منها حيث يتفرغ الماء بهيئة بوق وبهذه الواسطة تتضاعف كمية  
الماء المفرغة في وقت معين

٢٠٧ دواليب الماء . ان دواليب الماء الاكثر استعمالا التي  
تستعمل لأمور مختلفة هي ثلاثة انواع الدولاب الفوقي والتحتي والجاني  
اما الدولاب الفوقي فيستعمل متى كانت كمية الماء الجارى قليلة  
اذ كان هذا النوع يشغله مقدار من الماء اقل مما يشغل النوعين الاخرين  
ان ( شكل ١٢٧ ) يدل على قطع دولاب فوقي عمودي

شكل ١٢٧



على المحور . وقطره غالبا يساوى علو  
مسقط الماء وموضوع تحت الماء على  
كيفية بها يكتسب القوة من الادلي  
المتصلة بجافة الدولاب . وهذه الادلي

مصنوعة على هيئة تحفظ الماء ما امكن حتى يصل الى النقطة

السفلى من الدولاب ولكن لا تبقى شيئاً بعد اجنيازها تلك  
النقطة كما ترى . وبهذه الوساطة ثقل الماء في الادلي يجعل ثقلاً  
عظيماً في الجانب الواحد من الدولاب فينزله مع وجود مقاومة  
قليلة لصعود الجانب المتقابل للدولاب من ثقلها فقط لكونها  
تصير فارغة على الجانب الآخر . وعلى علوٍ قليل مثل ح ا يقتضي  
ان يكون الماء ليكتسب زخماً بعلوه فيغلب مع ثقل الماء في  
ح ا على فرك الدولاب . ثم بقية الادلي على الجانب ف تعطي قوة  
للدولاب بمقدار ثقل الماء الذي فيها ويكون الزخم الاعظم للماء  
عند ف طرف القطر الاقبي

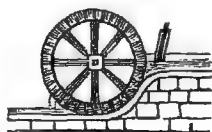
شكل ١٢٨



٢٠٨ اما الدولاب النحبي  
فيدفعه زخم المياه الجارية كما  
في (شكل ١٢٨) التي تلم  
فراش الدولاب على الجانب

الاسفل ويستعمل حيث تكون كمية الماء وافرة ولكن علوها قليل

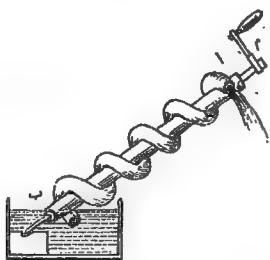
شكل ١٢٩



٢٠٩ اما الدولاب الجانبي  
فيحركه ثقل الماء وزخمه  
معاً كما في (شكل ١٢٩) ولذلك  
يختار حيث يكون مقدار الماء

كافياً ولكن ليس دائماً وافراً جداً. والماء يلطم سطوح عوارض  
الدولاب المستعرضة المتصلة بجافته على زوايا قائمة على محيطه. وهي  
موضوعة قريبة للماء بحيث تحمله كالادلي ومهر الماء يصنع  
مستديراً لكي يناسب استدارة الدولاب

٢١٠ لولب ارخميدس . ان هذا اللولب آلة قبل اختراعها  
في مصر الفيلسوف المذكور لاجل اصعاد الماء عند فيضان النيل  
من الاراضي المنخفضة او  
لاجل اصعاده من النيل .  
وهي من اقدم الآلات  
المصنوعة لاجل رفع الماء .  
وهذه الآلة كما ترى  
( شكل ١٢٠ ) مولفة من



حية ملتفة لفاً لولباً حول اسطوانة مصممة اب التي تدار  
بالمسكة م . وهذه الاسطوانة توضع غالباً مائلة ٤٥° على سطح  
الافق ويجوز ان يبلغ ميلها الى ٦٠° اذ يستقر طرفها الاسفل في  
الماء وعند ما تدار تنغرس فوهة الحية السفلى بالماء كما ترى ويدخل  
جانب منه فيها . وبدوام ادارة الاسطوانة يجري الماء الى اسفل  
في الحية اذ تكون سطحاً مائلاً عليها كما يتضح لك ذلك من مراجعة

البرغي ( رقم ١٦٢ ) فيستقر في الجانب الاسفل من الحية ثم في  
الدورة الثانية يدخل جانب اخر في الفوهة ويجري في الحية وهلم  
جرأ فيتفرغ الماء من فوهة الحية العليا . ولا يخفى انه يقتضي ان  
يكون ميل الحية على الاسطوانة اعظم من ميل الاسطوانة على  
سطح الافق لكي تميل الاولى على سطح الافق بمقدار الفرق بين  
ميلهما فيهبط الماء فيها ويجري الى اعلى والا فلا تحصل فائدة .  
وقد تستعمل هذه الآلة لغير رفع الماء كرفع سبائك من حفرة  
معدن ورفع الحبوب من مخزن في الاماكن التي تصنع فيها البيرا  
٢١١ مقاومة السائلات . ان سبب مقاومة السائل للجسم  
متحرك فيه ناتج عن الاستمرار وجاذبية الالتصاق فيه والفرك . اما  
الاخير فالارجح ان تأثيره قليل في المقاومة واما الثاني فضعيف  
في أكثر السائلات بمقابلته مع الاستمرار

فالسبب المتغير فيما ياتي اذا لمقاومة الاجسام الجارية في  
السائل هو استمراره لانه لما كان ذا استمرار على حالة السكون  
يقاوم الجسم المتحرك فيه برد الفعل عند ما يدفع ما في طريقه منه  
( رقم ١٠٤ )

٢١٢ المقاومة التي يلاقها سطح جارٍ في سائل على جهة  
عمودية على السطح في كهرج سرعته . لانه مها اكتسب السائل

من الحركة او الزخم يبطل بمقدار ذلك من الجسم المتحرك فيكون زخمه كناية عن المقاومة. اما الزخم فيختلف كاختلاف كمية المادة والسرعة معاً: فلنفرض المقاومة المذكورة او الزخم يساوي  $m$  وكمية المادة تساوي  $K$  والسرعة تساوي  $s$  فاذا  $m \propto s$   $K$  وانما كمية السائل المندفعة متناسبة للسرعة اي  $K \propto s$  اذا  $m \propto s$

هذه القضية تصادفها المشاهدة اذا كانت السرعة قليلة كسرعة المراكب والقوارب في الماء ولكن اذا زادت السرعة جداً كسرعة كلة مدفع في الماء فالمقاومة تزداد بنسبة اعظم من نسبة ازدياد مربع السرعة ولعل السبب في ذلك انه متى تعاظمت السرعة جداً يصير للفرك وجاذبية الالتصاق تأثير قوي. ولما كانت المقاومة تزداد بازدياد السرعة فالسرعة التي بها يمكن ان يحرك مركب ذو قلوب او بخاري هي معتدلة. لان المركب الذي تسوقه ربح يتحرك ٦٠ ميلاً في الساعة لا تكون سرعة جريه اعظم من ١٢ او ١٤ في الساعة. ولكن الهواء له خصائص السائل كما سيأتي فالجسم المتحرك فيه كالعريبات وخلافها تجري مقاومتها على ذات هذا القانون وهو ان المقاومة تزداد على نسبة ازدياد مربع السرعة اي انه اذا تضاعفت السرعة نصير المقاومة اربعة اضعاف او صارت عشرة اضعاف فتصير المقاومة مئة ضعف وهم جراً واما الجسم الساقط في الهواء بالجاذبية الى بعد مديد لا ندوم سرعته تزايد في كل البعد بموجب ناموس الاجسام الساقطة بل اخيراً مقاومة الهواء تجعل حركته متساوية

٢١٤ تموج الماء. اذا انكبس وجه الماء في مكان فالعمود المكبوس يهبط الى تحت وجه السائل الاصلي والعواميد المتصلة

به تصعد فوقة وبعد ذلك اذا ترك لذاته تهبط العواميد التي ارتفعت وبلا استمرار تنزل تحت وجه السائل وترتفع المتصلة وهم جراً الى ان تتلاشى هذه الحركة الناتجة عن الاستمرار بواسطة الفرق وصد الهواء فيرجع سطح الماء ممهداً راکناً كما كان اولاً. وهذه

شکل ١٢١



الحركة يقال لها الموج وعلى هذه الكيفية تحدث امواج او تموج في البحر والبحيرات او الماء في وعاء بواسطة كبس الريح او خلافا عليها

ان العلامة اسمي نيوتن اول من لحظ المشاهدة بين حركة الامواج وخطران عمود من الماء في انبوبة ممنية وعلى ذلك بني حكمة الآتي ذكره في التهج. ليكن اف غ ب في (شکل ١٢١) انبوبة ملتوية ذات

فراغ سعة واحدة وجدرانها متوازية بعضها لبعض عمودية على الافق. ولنفرض انها امتلأت ماء او سائلاً آخر الى عمق م فاذا كبس عليه عند م حتى يصل العمود الى ن مثلاً يصعد الى ي في الجانب المقابل. ثم اذا زال الكبس فالعمود الطويل ي ف يطلب الرجوع لكونه اثقل من ن غ الى م حيث كان اولاً. ولكن العمود الصاعد ن غ لا يقف عند م وانما بداعي استمراره واستمرار عمود ي ف يصعد الى ي اي الى حد العلو المساوي للعبق الذي نزل اليه ويكون قد هبط ي ف الى ن. ثم يهبط ايضا وهم جراً وهذه الحركات المتوالية تدوم الى ان تتلاشى بمقاومة الهواء والفرق. اما هذه المخاطر فكل

منها اقصر من الاخرى ولو جعل لها واسطة لتبقىها متساوية لكانت تدوم مثل  
خطرات الرقاص تماماً . وعلى هذا المبدأ يحصل تموج في المياه اذا فعلت قوة  
ما على وجهه كقوة الريح او سقوط حجر او خلاف ذلك . لان الماء الذي  
يهبط بتلك القوة يرفع الماء المتصل به وهذا المتصل به وهلم جرا الى ان يتلاشى  
التموج بفرك الماء بعضه على بعض وصد الهواء . ولكون العمود الهابط يرفع  
عموداً محيطاً به مساوياً له اذا كان مستديراً لذا يحصل تموج مستدير حيث  
تفعل القوة على دائرة او شبهها في حوض او نهر او في البحر اذا كان ماءً  
راكداً ووجهه مستوياً

٢١٤ يظهر من الامتحانات والملاحظات ان الريح لا تستطيع  
ان تنزل الماء الى عمق بعيد لانه في الانواء الشديدة لا يكاد ماء  
البحر ينزل الى عمق ٣٠ قدماً تحت وجهه الاصلي والمرجح انه لم  
ينزل قط الى عمق ثلاثين قدماً . فلا يصدق قول البحرية حينما  
ييا لغون في تعاظم الامواج وتعاليلها . ويقتضي ان يعتبر انه في الانواء  
تتعاظم الامواج الى مقدار مهول بداعي تكوّن امواج على امواج لانه  
اذا كانت الريح تهب دائماً ترفع موجة على اخرى وهلم جرا

٢١٥ اذا كان عمق الماء كافياً لحركته بسهولة فلا تتقدم  
الامواج بفعل الامواج المحيطة بها بل تبقى في مكانها . ولكن ان  
قام صخر قرب وجه الماء او كان الماء قريباً الى الشاطئ فاعاق  
حركتها تجري الامواج في جهة التموج . وذلك لان الماء العميق لا

يوازنه الماء على المكان القليل العمق ولذلك يميل  
الى الجريان في تلك الجهة فتنفلش الامواج  
وتزبد وهذا ما يقال له عند العامة ففش  
الموج وقد يراد بففش الموج مكان  
ازباد الموج





# الباب الخامس

في الهوائيات وفيه مقدمة وستة فصول

المقدمة

في ماهية الجلد وخصائصه

٢١٦ الهوائيات فن يبحث فيه عن توازن السوائل المرنة وحركتها. ونقسم السوائل المرنة الى قسمين غازية وبخارية . اما البخار فسائل مرن ينتج عن سائل آخر او جسم صلد بفعل الحرارة ويرجع الى حالة السيلان او الجمودة بواسطة البرودة . كالبخار الصاعد من ماء غال فانه بسهولة يتحول بالبرودة الى سائل . اما الغاز فسائل مرن لا يتحول الى سائل غير مرن او جامد الا بعض انواع منه ببرودة شديدة او بضغط فائق العادة بحولة الى سائل كحامض الكربونيك . فهواء الجلد من هذا الصنف واليه سينجه كلامنا بنوع خصوصي في ايضاح فعله الميكانيكي لانه كثير الاستعمال لهذه الغاية

٢١٧ ان هواء الجلد هو السائل المرن المحيط بكرة الارض وهو يحتوي عدة غازات اخصها الاكسجين والنيروجين ويمتزج الاول مع الثاني بنسبة  $\frac{1}{4}$  مع  $\frac{3}{4}$  مع كمية قليلة من حامض الكربونيك وبخار الماء . وهذا الهواء ضروري للانسان وسائر الحيوان لانه يتنفسه باذخال كمية منه الى الرئتين واخراجها على الدوام . وهذا التنفس نتوقف عليه الحياة الحيوانية لان الرئتين تاكلان من الهواء في كل نفس ما يلزم للحياة من الاكسجين وتطردان صحبته ما يضر بالحياة من الكربون الذي يتجدد دائماً في الدم . وهو ضروري لنباتات ايضا لانه يمتص مقداراً عظيماً منه لثموره . وامتصاصه الهواء بعكس تنفس الحيوان لانه ياخذ الكربون ويطرد الاكسجين فياخذ كل منهما ما يطرده الآخر كما يبين ذلك باسهاب في الفسيولوجيا والكيمياء . والحكمة في ذلك قصد حصول التبادل بين الحيوان والنبات فياخذ كل منهما ما ينبذه الآخر لكي لا يزيد كل من الغازين المذكورين ولا ينقص فكلما الزيادة والنقصان مضر . ولهذا لا يحسن تكثير النبات والاشجار في مكان مستوطن ولا تقليلها . وسنوضح خصائص الهواء بثلاث قضايا

اولها ان الهواء مادة وذلك لانه يشعر به باللس وله خواص المادة المذكورة سابقاً . اما امتداده فلا يحتاج الى برهان . واما

عدم تداخله فيبان من أنه اذا غُطِّس اناء في الماء وأديرَت  
قاعدته الى فوق وفُتِّه الى اسفل فالماء لا يصعد في الاناء وبِلاهُ  
الى اعلاه مها عمقناه في تغطيسه بل يصعد فيه قليلاً بضغطة  
الهواء داخلة. وذلك ليس الا لعدم امكان تداخل الماء في الهواء ضمن  
الاناء حيث لا منفذ لاحدها. وكذلك اذا ادخلنا في فم اسطوانة  
مجدوفة صقلة مذكاً يدخل فيها دخولاً محكماً ويحرك فيها بسهولة  
لا نستطيع قوة مها كانت عظيمة ان نجعله يماس اسفل الاسطوانة  
ما لم نعمل طريقة لخروج الهواء من داخلها. اما استمراهُ فيتضح  
من مقاومته الاجسام التي تتحرك فيه كما اذا حُرِّكت فيه شمسية  
مفتوحة مثلاً على جهة موازية لعصاها. اما ثقلة فيظهر من أنه اذا  
وزنَّ وعاء ثم اخرجنا منه الهواء بطريقة سيأتي ذكرها ووزناه ثانية  
يخف عن الاول. فوعاء يسع ٤٢ اوقية طيبة من الخمر ( نحو  $7\frac{1}{2}$   
اولاق ) يخف ١٨ قحمة بعد اخراج الهواء منه عما كان قبلاً. و ١٠٠  
عقلة مكعبة من الهواء تنزن  $21\frac{1}{2}$  قحمة

ثانيها. الهواء سائل وذلك يتبين ليس من سهولة تحرك  
دقائقه فقط بل ايضاً من خصائص السائلات المبهزة لها عن  
غيرها وهي ان جزءاً من الهواء في حالة السكون يضغط وينضغط  
الى كل الجهات على التساوي وان ضغطاً او لطمة على جزء من

الهواء يمتد في جميعه ويؤثر في كل جزء على التساوي كما مر في  
توُّج الماء (رقم ٢١٢)

ثالثها ان الهواء سائل مرن وذلك يظهر من انه اذا ضُغِطت  
مئانة متفتحة ورفع عنها الضغط ترجع حالاً الى هيئتها الاولى. ومن  
حيث ان الهواء اذا ضُغِط يرجع او يميل ان يرجع الى حاله بالقوة  
التي ضغط بها نفسها فهو جسم تام المرونة (رقم ١٠١ او ١٠٢). ولا نعني  
بذلك ان قوة مرونته لا تزداد ولا تنقص لانه كل ما زاد انضغاطه  
زادت بمقدار ذلك مرونته وانما نعني انه يرجع الى حالته الاولى بقوة  
ضغطه تماماً

٢١٨ ان حجم ثقل مفروض من الهواء هو بالقلب كقوة

شكل ١٢٢

الضغط عليه



ليكن اب س د انبوبة زجاج مفتوحة عند ا ومسدودة  
عند د كهذا الشكل وليصب فيها زئبق . فالزئبق يميل الى  
ان يكون على علو واحد في ذراعي الانبوبة كما مر (رقم ١٧٨)  
ولكن الهواء في س د يقاوم صعوده بمرونته فيكون اعلى كثيراً  
في اب ما في س د منضغطاً الى نصف حجمه د ل فوق  
الزئبق فعمود الزئبق س ل يوازن حيثئذ العمود المساوي  
له ب ص والعمود ص ي يكون قياس قوة مرونة الهواء  
المنضغط . فاذا اضيف زئبق يصعد العمود س ل فلنفرض  
صعوده الى ن حتى ينضغط الهواء الى علو د ن ربع حجمه

الاصلي . فيوجد بالناس ان رح الذي هو قياس مرونة الهواء في د ن هو ضعف علوصي تماماً . وبناءً عليه يقتضي ضغط مضاعف لتحويل كمية من الهواء الى نصف حجمها وعلى هذا الاسلوب يبين ان ثلاثة اضعاف الضغط تصير الحجم ثلثاً وبالاجمال الحجم هو بالقلب كقوة الضغط

لما كانت قوة مرونة الهواء تختلف كقوة الضغط لانه تامر المرونة ويرجع بالقوة التي يضغط بها وقوة الضغط بالقلب كالحجم كما مر والكثافة تختلف ايضاً بالقلب كالحجم كما لا يخفى فقوة مرونة الهواء تختلف ككثافته

## الفصل الاول

### في البارومتر

٢١٩ البارومتر هو مقياس ثقل الهواء . وهو آلة مركبة من انبوبة زجاج سعة فراغها اعظم جلاء من سعة فراغ انبوبة الترمومتر متصلة بكيس من جلد مملوء زيتاً والزئبق صاعد منه في الانبوبة الى علو نحو ٣٢ عقدة فوقه . وهذه الانبوبة مركزة على خشبة مستطيلة على جانبيها مقياس من عاج مقسوم الى ٣٢ او ٣٤ عقدة وكل عقدة الى اعشار . ولول مخترع لهذا المقياس معلم

طبيعي اسمه طورسلي في فلورنسا سنة ١٦٤٣ . ولجل ابضاح  
 كيفية اصطناعه نقول انه اذا اخذنا انبوبة زجاج طولها نحو ثلاثة  
 اقدام مسدودة عند الطرف الواحد ومفتوحة عند الآخر وملأناها  
 زيتاً ثم قلبناها في وعاء مملوء زيتاً بجيلة تبقي الزيت في الانبوبة  
 حتى لا ينصب منها عند قلبها الى الارض ثم غمسنا الطرف  
 المفتوح في وعاء فيه زيت ايضا كطست او كيس جلد كما في  
 (شكل ١٢٣) فعمود الزيت يسقط الى علو معلوم نحو ٢٩ او ٣٠  
 عقدة حيث يستقر بعد ارتجاجات قليلة . اما الفسحة في الانبوبة  
 فوق الزيت فاذا كانت خالية من الهواء او من اي مادة اخرى  
 خلافاً هي بلا شك فراغ تام . وتسمى غالباً الفراغ الطورسلي نسبة  
 الى الشخص المذكور . ولجل ابقاء هذا الفراغ خالياً من الهواء  
 او من اي غاز اخر يقتضي الاحتراس الكلي من جملة امور لكي يبقى  
 الفراغ تاماً

٢٢٠ ان علة صعود عمود الزيت الى هذا العلو فقط هو  
 بدون شك ضغط عمود من الهواء يوازئ قاعدته تساوي قاعدة  
 الاول على كيس الزيت ولا بد ان يكون مساوياً له ثقلاً ولا لما  
 توازنا . فعلى ذلك يمكننا ان نتوصل الى معرفة ثقل الهواء او ضغطه  
 الحقيقي بطريقة مدققة اذ كان عمود الهواء يساوي ثقل عمود

من الزيت من ذات قاعدته علوه ٣٠ عقدة . ولا يخفى سبب مساواة قاعدتيهما على الفطن من ملاحظة السائلات فيما مر لان عمودا من السائل يوازن عدة عواميد منه متصلة به كما يوازن واحدا . فتقل عهود من الزيت بهذا علو يعرف بسهولة لانه لما كانت عقدة مكعبة من الماء وزنها ٢٥٢٥٠٢٥٢٥ فحمة والزيت هو ١٢٥٧ مرة اقل من الماء فعقدة مكعبة من الزيت تزن ٢٤٦٦٧٦ فحمة و ٣٠ عقدة تزن ١٠٢٨٠٢٨٠ فحمة ولكن ٧٠٠٤ فحمت تساوي ليبرا فيكون ثقل العهود من الزيت الذي علوه ٣٠ عقدة وقاعدته عقدة مربعة يساوي  $\frac{١٠٢٨٠٢٨٠}{٧٠٠٤}$  = ١٤٧ ليبرا . فينتج ان كبس الهواء على كل عقدة من سطح نحو ١٥ ليبرا او اكثر من ٢٠٠٠ ليبرا على كل قدم مربع واذا ضربنا هذا العدد في الاقدام المربعة على سطح الارض نعرف ثقله كله . واذا ضربنا ٢٠٠٠ ليبرا في ١٤ قدم معدل مساحة جسم الانسان فالحاصل = ٢٨٠٠٠ ليبرا والان الليبرا = ١٤٤ درهم تكون ٢٨٠٠٠ ليبرا = ٥٠٤٠ رطلا او نحو ٥٠ قنطارا من الهواء يكبس من كل الجهات على الجسم الانساني . ثم لما كانت السائلات المختلفة توازن بعضها بعضا في عواميد متقابلة اذ تكون علواتها بالقلب كثقلها النوعي كما مر ( رقم ١٨٠ ) فعهود من الماء مكان

الزئبق يرتفع الى علو نحو ٣٤ قدماً لان الزئبق اذا كان ١٣٠٥٧ مرة اثقل من الماء فعمود من الاخير يقتضي ان يكون ١٣,٥٧ مرة اعلى من الاول اي  $13057 \times 30 = 4071 = 4071 \text{ عقدة} = 232623$  قدماً او نحو ٣٤ قدماً

٢٢١ بملاحظة علو عمود الزئبق المذكور من يوم الى يوم نجد انه يتغير في فسحة عقدتين او ثلاث دالاً شكل ١٣٣ على ان هواء الجلد لا يضغط دائماً ضغطاً متساوياً بل ان عموداً مفروضاً من الهواء احياناً اخف واحياناً اثقل . ولغاية معرفة ثقل عمود الهواء بالتدقيق بقياس تغيرات العلو قد اصطنع مقياس متصل بالبارومتر مقسوماً الى عقد واشار عقدة وغالباً ممتداً من ٢٧ الى ٣١ عقدة (شكل ١٣٣) وهذه الفسحة تنوف عما يلزم لاجل معرفة كل التغيرات الطبيعية في ثقل هواء الجلد ولهذا سميت هذه الآلة بارومتر اي قياس الثقل ٢٢٢ اذ كانت تغيرات الثقل هذه احياناً

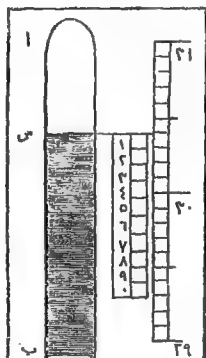


دقيقة جداً قد اخترع رجل اسمه فرنير من مدينة بروسل مقياساً اخر يسمى المدقق والاوروبيون يسمونه فرنير كاسم المخترع متصل



بالمقياس الذي ذكرناه بواسطة تحسب اعشار العشر من العقدة اي الاجزاء من مئة من العقدة. وهذا الفرير مصنوع من صفيحة صغيرة تتحرك الى فوق والى تحت على مقياس البارومتر بواسطة برغي او مسار ومقسوم كما سيأتي

ليدل اب كما في ( شكل ١٢٢ ) على القسم الاعلى من البارومتر اذ يكون وجه الزئبق عند س اعني بين خطي ٣٠٠٢٣ و ٣٠٠٢٤ عقدة ولم يطابق احدها فنستدل منه على علوه بل يكون



علوه أكثر من العدد الاول واقل من الثاني. ولكي تعرف عند كم من العلوه هو فوق خط ٣٠٠٢٣ من اعشار عشر العقدة اي اجزاء من مئة اجعل اعلى المدقق مطابقاً لوجه الزئبق ثم انزل بالنظر الى ان تجد مطابقة احد خطوط التقسيم من المدقق لاحد خطوط اعشار العقدة فتري المطابقة عند القسم الثامن من المدقق كما في ( شكل ١٢٤ ) ولما كان طوله يزيد

عن طول العقدة بمقدار عشر العقدة وهو مقسوم ايضاً الى عشرة اقسام فعشرة اقسام - ١ من اعشار العقدة. فكل قسم منه يربح عشر عشر العقدة اي ٠.١ من عقدة من خطي المطابقة فصاعداً وبالضرورة الثمانية اقسام تربح ٠.٨. فكمية الكسر اذاً فوق ٣٠٠٢٣ هي ٠.٨ من عقدة وعلو الزئبق يكون ٣٠٠٢٣.٨. وقد يقسمون المدقق الى ٦٠ قسمًا اذ يكون طوله يساوي ٦١ قسمًا من اقسام مقياس البارومتر المحسوب كل قسم منها درجة فيربح خيئذ

كل قسم منه  $\frac{1}{10}$  لانه في ٦٠ درجة بريح درجة واحدة فيمكننا من ذلك ان نستعمل الدقائق . واذا كان المقياس مقسوماً الى دقائق وطول المدقق ٦١ دقيقة وهو مقسوم الى ٦٠ قسمًا تُعرف منه الثواني اذا لم يطابق علو الزئبق احد خطوط تقسيم الدقائق

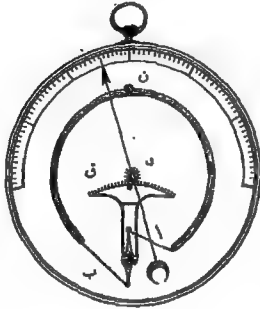
١٢٣ اذا عمل البارومتر لكي يثبت في مكان واحد فالوعاء المحنوي الزئبق يُستحسن اصطناعه على هيئة طاجن واسع . لانه عند صعود الزئبق في حوض قليل السعة اذ يتزل في الانبوبة رد الفعل من الجوانب يرفع الزئبق فيها فيقتضي لاجل ذلك اصلاح . ولكن في حوض وسيع الفرق لذلك قليل جدًا فلا يعتد به

٢٢٤ توجد انواع اخر من البارومتر جميعها اصطُنعت على المبدأ المذكور وهو ان يجعل ضغط الهواء على مادة امامها فراغ . فيمكن ان يصنع بارومتر ماء بموجب التدبير المذكور لبارومتر الزئبق نفسه . غير انه اذا كان يقتضي ان يكون علو عمود الماء حينئذ نحو ٣٤ قدمًا لا يناسب اصطناع بارومتر كهذا للنقل من مكان الى اخر بل يقتضي ان يصنع ثابتًا . ولا تخفى طريقة اصطناعه على الفطن اذا احسن اعتباره فيما مر من الكلام على بارومتر الزئبق

وقد اخترع نوعاً من البارومتر رجل يقال له بوردون من باريزوسي بالاضافة اليه بارومتر بوردون المعدني . وقد اصطنعه من معدن اخر غير الزئبق ولذلك وصف بالمعدني

اما هذه الآلة فهو آلة كما ترى في (شكل ١٢٥) من سير من نحاس

شكل ١٢٥



رقيق ذو فراغ ومخني بهيئة قوس دائرة . وهذا السير بعد ان يفرغ منه الهواء ويسد سداً محكماً يتدوير كيميائي يربط في وسطه حتى يتحرك طرفاه بسهولة فينقصان ضغط الجلد يتفرق الطرفان ويزيادتا بتقاربان . وبواسطة الشريطين اوب والقوس المستقيم الذي يجرى

الدولاب دتصل حركة طرفي السير ن الى العقرب ع الذي يدور على قوس منقسم الى درجات في سطح ايض . فبقي زاد ضغط الهواء يدور العقرب المذكور الى جهة دوران عقارب الساعة ومتى نقص فبالعكس كما لا يخفى من النظر الى الشكل . وعلى هذه الدرجات يُعين مكان المطر ومكان الصحو . وتحفظ كمية الاقدام لانتقال العقرب درجة واحدة الى اليمين بالانزول او الى اليسار بالصعود . اما سبب تقارب طرفي السير بزيادة ضغط الهواء فتكون جدرانها النحاسية رقيقة لدنة فتزيد تحديداً بزيادة كيمس الهواء على جانبيه من خارج ولا مقاومة من داخل لفراغه من الهواء وبالعكس بقلّة ضغط الهواء

وقد اخترعوا انواعاً اخرى من البارومتر لاجابة لذكرها لان من عرف هذه المذكورة لا يخفى عليه غيرها

٢٢٥ لما كانت تغيرات البارومتر في مكان واحد بحسب تغيرات ثقل الهواء فيه وكانت هذه التغيرات متوقفة على اختلاف

الطقس فتصلح هذه الآلة أيضاً ان تكون مقياساً للطقس وبها يعرف تغير طقس قبل حدوثه بيضع ساعات لانه يصعد الزئبق في البارومتر نستدل على صفاة الطقس وبتزوله على تعكزه مها كان علوه وهذه الدلالة اعظم دلالات البارومتر اعتباراً. وكذلك هبوط فجائي قد تصحبه ريج عاصفة وقد تاتي عقيبها مراراً كثيرة . وعلة نزول البارومتر هي بلا شك خفة الهواء في ذلك المكان الذي هو فيه . وعلة خفة الهواء هي ان الرطوبة البخارية المنتشرة والمتزجة فيه الزائد بها ثقله النوعي تحول ببرد الرياح او غيره الى نقط ماء في وسطه كما سيأتي فتقل رطوبته وبالنتيجة يخف ثقله

٢٢٦ ان معدل ضغط هواء الجلد المدلول عليه بالبارومتر على سطح البحر في كل اقاليم العالم سواء ولا يختلف الا قليلاً جداً وبعادل تقريباً ٣٠ عقدة من الزئبق . وهذه الحقيقة قد أثبتت بمراقبات عديدة للبارومتر في نصف الكرة من الاقاليم الاستوائية الى القطبية . والاعداد الآتية تدل على معدل الضغط لعدة اماكن في اعراض مختلفة من بعد الاصلاح لمعدل الحرارة والبرودة والارتفاع عن سطح البحر وتأثير دورة الارض وهي على التساوي تقريباً

علو بارومتر	عرض	
٢٩٠٧٧٦	°٢٢'٣٥	كلكتا
٢٩٠٨٢٧	°٥١'٢١	لندن
٢٩٠٨٣٥	°٥٥'٥٦	ايدنبرج
٢٩٠٨٨٤	°٧٤'٢٠	جزائر ملل

ولكن فسخة التغير ولئن يكن معدل ضغط الجلد متساوياً تقريباً على سطح البحر في كل كرة الارض تختلف جداً باختلاف الطقس في اعراض مختلفة . ففي الاقاليم الاستوائية اختلاف البارومتر يكون في فسخة اقل من القطبية وفي المناطق المتجمدة يكون في فسخة اقل من المعتدلة . وبين خطي السرطان والجدي سعة تغير البارومتر لا تزيد عن ربع عقدة كثيراً . وفي نيويورك لا تزيد عن  $\frac{1}{2}$  اعقدة اذ يكون في بريتانيا مقدار ٢ عقد . والتغير الاعظم انساعاً يحدث بين عرض ٣٠ و ٦٠ حيث يحدث تغيرات الطقس السنوية باشد قوة لاجل نزول الامطار على المنطقة المعتدلة التي جعلها الخالق الانسب للسكن وجعل معظم اليابسة فيها

ثم انه يحدث في البارومتر تغيرات مختلفة في مدة ساعات النهار والليل تُسمى تغيراته الساعانية ولتحقق معدل هذه في مكان

مفروض يقتضى مراقبات عديدة متصلة منها يعرف معظم العلو  
واقلة

٢٢٧ انه بعد اختراع البارومتر بمدة قصيرة قد لوحظ ان  
الزئبق يهبط اذا حُمِلَت الآلة الى مكان اعلى . وقد وجد ان  
الهبوط يكون  $\frac{1}{10}$  عقدة لعلو ٨٧ قدماً . ومن هذه الملاحظة نستعلم  
ثقل الهواء النوعي قرب سطح الارض تقريباً بالنظر الى الماء .  
فان  $\frac{1}{10}$  عقده من الزئبق يظهر ان وزنها يساوى ٨٧ قدماً او  
١٠٤٤ عقدة من الهواء . وبالنسبة عقدة من الزئبق توازن ١٠٤٤  
عقدة من الهواء اي ان ثقل الزئبق هو ١٠٤٤ ضعف من الهواء اذا  
تساويا في الجرم . والماء هو  $\frac{1044}{13597} = 769$  مرة ثقل الهواء فيكون  
ثقل الهواء النوعي بالنسبة الى الماء المقطر  $\frac{1}{769} = 1300$  (راجع  
رقم ٤٢)

## الفصل الثاني

في الجلد ومتعلقاته

٢٢٨ مما تقدم من الكلام على خصائص السوائل المرنة

يسهل على التلميذ ادراك القضايا المتعلقة بهواء الجلد التي ستذكر.  
فلندخل الآن في البحث عن ثقله وامتداده وكثافته وتغيراته  
بالحرارة والرطوبة وهلم جرا

انه من البارومتر سهل علينا ان نحسب ثقل هواء الجلد.  
لانه اذا اعتبرنا ان عموداً من الزئبق معدل علوه ثلاثون عقدة  
يساوي عموداً من الهواء بسعته يكون ثقل الجلد يساوي بحراً من  
الزئبق يغطي كل سطح الارض عمقه ٢٠ عقدة او قدما ن ونصف  
يجعل مع الارض كرة قطرها اطول من قطر الارض بخمسة  
اقدام. ويكون جرم هذا البحر من الزئبق يساوي الفرق بين جرم  
الارض وجرم الكرة المشار اليها ومتى حصل لنا كمية الاقدام  
المكعبة لذلك يبقى علينا فقط ان نضربها بثقل القدم المكعب من  
الزئبق لاجل معرفة ثقل الزئبق المحيط بالارض الذي ينبغي ان  
ثقل الهواء. ولان ثقل الزئبق النوعي = ١٣٦٥٧ و ثقل قدم من  
الماء =  $\frac{1}{2}$  ٦٢ ليبرة فالقدم المكعب من الزئبق =  $13657 \times \frac{1}{2} \times 62$   
 $\frac{1}{2} \times 62 = 8482125$  ليبرة وهذه صورة العمل

لكن ر نصف قطر الارض وب - علو الزئبق وم - نسبة المحيط  
الى القطر وهي ٣٠١٤١٥٩ فجم الارض -  $\frac{r^2}{2}$   
وجرم الكرة المحاوية الزئبق -  $\frac{r^2 + r^2}{2}$   
وجرم الزئبق -  $\frac{r^2}{2} - \frac{r^2 + r^2}{2} = 4 (r^2 + r^2 + \frac{r^2}{2})$

ولكن لما كان ب يدل على كسر صغير جداً من رفاً لجزء ان الاخير ان اذا حذفا  
من العبارة لا يكون تأثير جوهري فيها ويكون جرم الزئبق  $4 \times 10^{28}$  م ر ب .  
وبالتعويض عن هذه الكميات بقيامها العددية لنا  $4 \times 10^{28} \times 0.528$   
 $\times 10^{28} \times 1.41 \times 10^{28} - 2.5 \times 10^{28}$  عدد الاقدام المكعبة في جرم الزئبق كله الذي  
اذا ضرب في  $\frac{1}{8} \times 848$  يحصل  $848 \times 10^{28} \times 0.4 \times 10^{28} \times 1.41 \times 10^{28}$  ليبرة او  
 $848 \times 10^{28} \times 1.41 \times 10^{28} \times 0.4 \times 10^{28}$  رطلاً . ولنا طريقة اخرى لمعرفة ثقل  
المجلد وهي ان نجد كمية العقد المربعة على سطح الارض وتضرب ذلك في ١٥  
ليبرة لان كل عقدة تحمل كذا كما مر فيكون لنا ثقل الهواء من الليبرات

٢٢٩ لو كان المجلد ذا كثافة متساوية في جميع اجزائه لسهل  
علينا من ذلك تحقق معرفة علوه لانه لما كانت عواميد متقابلة  
من سائلات مختلفة تتوازن عند ما تكون علواتها بالقلب كثقلها  
النوعي كما تقدم . فاذا نسبة الثقل النوعي للهواء اليه للزئبق كنسبة  
علو عمود الزئبق الى علو عمود الهواء المتقابل الموازن له اي  
 $1 : 10.44 :: 2.5 : 26100$  اقدام = ٥ اميال تقريباً . ولكن  
ذلك بعيد عن الحقيقة جداً لان اسباباً متعددة تجعل كثافة  
المجلد مختلفة كثيراً وهي

- (١) كون الهواء قابل الانضغاط والصفائح السفلى تضغطها
- العليا لكونها حاملة لها (٢) اختلاف كمية الهواء في اعراض
- مختلفة (٣) نقصان جاذبية الارض بنسبة زيادة مربع البعد
- من مركزها (٤) تأثير الحرارة والبرد (٥) الامتزاج بالبخار



وساثلات اخر (٦) جاذبية القمر وغيره من الاجرام السموية.  
وكون الصفائح السفلى من المجلد أثقل جدًّا من العليا يتضح من ان  
المجلد فوقها هو كما يظهر مما مر جسم جدًّا

٢٢٠ ان كثافة الهواء هي كالمرونة او كالقوة الضاغطة كما

نقدم (رقم ٢١٨). فكلما صعدنا من الارض يتناقص الثقل المحمول  
وتقل الكثافة بموجب هذا التاموس وهو

كثافة الهواء تتناقص بنسبة هندسية كترأيد البعد من  
الارض بنسبة حساية

لنفرض ان صفائح الهواء محسوبة رقيقة جدًّا حتى يسوغ ان تعتبر ذات  
كثافة واحدة. ولكن الصفائح السفلى ا والتي تليها ب والثالثة ت وهلم جرا.  
ولكن ايضا آ ثقل عمود المجلد ككل المحتوي ا وب ثقل العمود المطروح  
منه ا وت ثقله اذا طرح منه ا وب وهلم جرا. فنقل الصفائح الاولى هو  
أ - ب وثقل الثانية ب - ت الخ. ولنا كثافة جسمين من حجم واحد  
تختلف كثقلها فاذا كثافة ا : كثافة ب :: أ - ب : ب - ت. ولكن اذ  
كانت الكثافة كالضغط كما مر والضغط كناية عن ثقل جرم الهواء الضاغطة  
من اعلى تكون نسبة كثافة ا : كثافة ب :: ب : ت وبمساواة النسب أ - ب :  
ب - ت :: ب : ت اي ان أ ت - ب ت - ب ت - ب ت اي أ ت -  
ب ونسبة أ : ب :: ب : ت. وهكذا يبرهن ان ب : ت : ت : ت وهلم جرا  
اي ان الانتقال على الصفائح المتوالية وب النتيجة ككثافاتهما هي على سلسلة هندسية.  
فاذا كان الهواء على بعد معلوم من الارض نصف ثقل الذي عند سطح

الارض فالهواء الذي على ضعف ذلك البعد يكون ربع ثقله او الذي على ثلاثة اضعاف البعد يكون ثمنه وهلم جرا

انه بواسطة مراقبات البارومتر في اعراض مختلفة وعمل الحساب بموجب تلك المراقبات قد عُرِفَ بالتاكيد انه عند علو سبعة اميال فوق الارض كثافة الهواء هي ربع كثافته عند سطحها . فاذا اخذنا سلسلة حساسية فضلها المشترك سبعة لتدل على علوات مختلفة وسلسلة هندسية ضاربها المشترك  $\frac{1}{4}$  لتدل على الكثافات المتقابلة لها نعرف بسهولة كثافة الهواء في اي ارتفاع

فرض

سلسلة حساسية	٧	١٤	٢١	٢٨	٣٥	٤٢	٤٩
سلسلة هندسية	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{1024}$	$\frac{1}{4096}$	$\frac{1}{16384}$

فيظهر من هذه السلسلة انه عند علو ٢١ ميل لطافة الهواء اربعة وستين ضعف لطافته عند سطح الارض وعند علو ٤٩ ميلاً ستة عشر ألفاً وثلاث مئة واربعة وثمانين ضعفاً منها واذا مشينا في الحساب بالاستقراء نجد ان لطافته على بعد مئة ميل هي اعظم الف مليون ضعف ما على الارض وبالنسبة لمقاومته هناك للجسام المتحركة فيه لا يشعر بها . فان المعلم لك صعد في بلون الى حيث سقط بارومتره الى اثنتي عشرة عقدة فاذا فرضنا البارومتر يستقر على وجه الارض في ذلك الوقت عند ثلاثين عقدة ينتج انه قد صعد الى علو ثلاثة اخماس كل المجلد لان اثنتي عشرة عقدة خمسي ثلاثين قد وازنت عمود الهواء فوقه . فيكون علوه فوق عشرين الف قدم . واذا كانت الارض مثقوبة الى داخلها بحيث يدخل الهواء فكثافته تزداد نزولاً على اسلوب نقصانها صعوداً . وعند عمق اربعة وثلاثين ميلاً تصبح كثافته كالماء وعند عمق ثمانية واربعين ميلاً يصير بكثافة الزيت وعند عمق نحو ٥٠ ميلاً بكثافة الذهب . ثم قد يظن من القانون المذكوران علو الهواء لا ينتهي

لكون الكثافة تدوم تتناقص كمرجع اليعد لكونه ميل ابداً الى التمدد كما مرّ . ولكن الامر ليس كذلك لان قوة ميل الهواء الى التمدد تضعف بضعف الكثافة فتصل الى درجة تساوى فيها بالجاذبية عند علو ما فتبطل

٢٢١ ان القانون المذكور لا يعطينا حساباً ضابطاً لاجل معرفة كثافة الهواء لعلو مفروض لان الكثافة يوتر فيها ظروف شتى كما ذكر قبيل هذا اما الجاذبية فليس لها تأثير يشعر به على اعالي مختلفة كاعالي الجبال فلا يلتفت اليها في الحساب ما لم يقصد التدقيق الكلي . وانما تغييرات البرد والحرارة لها تأثير قوي في البارومتر ولذلك يكون من الضرورة ان يعتبر طقس معين في المراقبات واذا لاحظنا هذه الامور المختلفة يكون البارومتر مقياس مدقق لمعرفة العلو . واهمية ذلك حملت علماء هذا الفن على بذل الالتفات والاعتناء التام به . اما علو الجبل من الحد الذي يتكسر فيه النور فهو نحو ٤٥ ميلاً ويعرف بواسطة الشفق وسنذكر ذلك عند الكلام على البصريات . ولعله يمتد الى علو ١٠٠ او ٢٠٠ ميل فوق سطح الارض

٢٢٢ انه كلما صعدنا من الارض في الجبل ثقل حرارة الهواء حتي نصل الي محل الجليد الذي يقال له حد التجلد الدائم وهو الحد الاسفل حيث يتجلد الماء في وقت معلوم ولو في الطقس

الحار وما فوقه تكون درجة حرارته تحت الصفر في الثرمومتر. وعلو  
 هذا الحد عند خط الاستواء نحو ثلاثة أميال ثم يأخذ بالانخفاض  
 حتى يصير عند عرض ٣٥° نحو ميلين ويتلاشى عند القطبتين.  
 أما علة استيلاء البرودة في الاصقاع العليا من الجلد فهي ان النور  
 الآتي من الشمس المصحوب بالحرارة يجناز في هذا الجلد المتوسط  
 بدون حاجز لكونه شفافاً فلا يكتسب الهواء حرارته. فحرارة  
 الشمس لا تكاد تؤثر فيه لو كان شفافاً تماماً وإذا اكتسب شيئاً منها  
 حيثئذ يكون بالمجاورة لا بالانعكاس. وإما البخار والغيوم ومواد  
 أخرى فتقلل شفافيتها وتجز جانباً من اشعة الشمس فتكسبه قليلاً  
 من الحرارة. ولكن شعاع الشمس بوقوعها على الأرض تكسبها  
 حرارتها وسطح الأرض يعكس جانباً منها وصفحة الهواء التي تلي  
 الأرض تلتطف اذ تمتص جانباً من تلك الحرارة بالمجاورة  
 وبالانعكاس فتصعد ويأتي هواء آخر من الجوانب إلى مكانها  
 وهذا يتلطف أيضاً بحرارة الأرض فيصعد وهلم جراً. والهواء  
 الصاعد لا يبعد كثيراً قبل ان يبرد فينضغط ويتوازن في الثقل  
 النوعي مع هواء آخر ويمتزج به فيكون الهواء المجاور للأرض وسيلة  
 لإرسال الحرارة من الأرض إلى علو يناسب الحيوان والنبات  
 وذلك علة لحدوث النسيم كما سيأتي فسبحان المبدع

## الفصل الثالث

### في الرياح ورطوبة الجلد

٢٢٣ ان الهواء لكونه سيالاً تاماً يتحرك باعظم سهولة مما يتحرك اضبط الميزان عند عدم حصول الموازنة ولو بفرق طفيف جداً . فتحرك بالحرارة لانها تطفئه وبالنتيجة تجعل ثقله النوعي اخف مما يحاوره فيصعد اذ يجري هوائاً آخر اكثف الى مكانه لاجل رد التوازن اي انه عند عدم موازنة عواميد السائلات الهوائية الاثقل منها يدفع الاخف . وكذلك يتحرك بالبرودة لانه اذا زادت كثافته بالبرودة يطلب التزول حيث لا يكون ثقله النوعي اعظم فينزول الى ان يلتقي بهواء آخر من نفس كثافته . وذلك نتيجة كونه سيالاً تاماً ومرناً تاماً

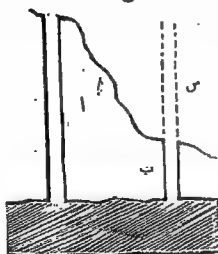
٢٢٤ ان ما ذكره لانه لا نسحاب مجرى من الهواء في الدواخين والستوفات . وليبان ذلك نقول ان عمود الهواء فوق النار يكون قد تطف بالحرارة فصار اقل كثافة من العمود خارج النار الذي هو من نفس علوه فيضغطه الى اعلى ثم يصير هذا بالنار

اقل كثافة وبضغطة عمود آخر وهلم جرا. فيجري مجري دائم من  
الاضوة التي تُضرم فيها النار الى اعلى ماراً على تلك النار وذلك  
يكون واسطة لزيادة اشتعالها كالنفخ ووسيلة لاجراج الهواء البارد  
من الاضوة فتكون قد سخنت بالحرارة الموجودة فيها وباخراج  
الهواء البارد منها. وسبب صعود الدخان في الدواخين والتقاطط  
مع كونه اثقل من الهواء هو سرعة المجري المذكور الذي يصادمه.  
اما كون الدخان اثقل فيظهر من انه اذا جعلنا مجري منه يمر في ماء  
بارد بواسطة نفخه في انبوبة نراه يميل الى البقاء على وجه الماء. ثم  
انه اذا كان باب الستوف او الداخون متسعاً فلا يظهر نفخ الهواء  
لان سرعته نقل كاتساع مجراه كما مر في السائلات. فيقتضي ان  
تكون التقاطط معتدلة الثخن لكي يسخن عمود الهواء بجمارة  
قليلة فيجري ويضرم النار. ويقتضي ان تكون فلتساة لكي يكون  
فرك جوانبها على الهواء اقل لان الفرك يعيق الهواء اكثر مما يعيق  
السائلات غير المرنة. ثم لما كانت علة الحركة عدم توازن العمود  
خارج النار للعمود داخلها فكما زاد برد هواء الاضوة زادت قوة  
مجري الهواء لكون الثقل النوعي للعمود الخارج يزيد بزيادة البرد  
اذ يصير اكدث فيضغط بقوة اعظم وبالعكس اي كلما قل البرد  
قلت القوة. ولذا اذا اضرمت النار في الستوف حينما يكون الطقس

دافئاً يرجع الدخان ويملي الأوضة اذ يكون هواء القضاطل ابرد  
من هواء الأوضة

١٢٥ ان نسيم الهواء في البيوت يكون غالباً مسبباً عن المبدأ  
المذكور فبواسطة منافذ متقابلة للهواء كالشبايك وخلافها  
يكون فرصة للهواء الخارج ان يزحم الهواء الداخل الخفيف الفاسد  
في المحل ويدفعه الى خارج فيحصل مجرى من الهواء ولذلك  
الأوض التي تحمى باضرام ستوفات متعلقة هي اولى بان يجعل لها  
تدير خصوصي لكي يلعب النسيم فيها من التي تحمى بواسطة نار  
مكشوفة. لان المجري الذي يمر على النار المكشوفة قد يجعل التغيير  
اللازم. واذا كان داخون في حائط اوضة فالاحسن ان يجعل  
منفذ للهواء في الداخون في اعلى الأوضة اذ يجري الهواء الفاسد  
مع المجري الخارج فيه

شكل ١٢٦



وعلى هذا المبدأ قد يجعل لحفر  
المعادن تحت الأرض ابار من وجه  
الأرض اليها على اعماق مختلفة مفتوحة  
لدخول الهواء الخارج اليها. ليكن اوب  
في (شكل ١٢٦) يرين ينتهيان على  
ارتفاع مختلف على جانب جبل. ولما كانت  
الأرض تبقى على درجة واحدة تقريباً من

الحرارة صيفاً وشتاء فالهواء داخل اليرين يبقى على درجة واحدة كذلك اذ

يكون الهواء الخارج اسخن في فصل الصيف وبارد في فصل الشتاء من الهواء داخل المعدن فيكون الطف في الفصل الاول من الهواء الداخل واكثف منه في الثاني . لكن من عموداً من الهواء فوق ب واصلاً الى علو ا فالعمود من اخف صيفاً من الهواء داخل الارض ولذلك ب وس اخف من ا ويجري الهواء او النسيم بحري نازلاً في ا ماراً على حفرة المعدن صاعداً في ب وبذلك النسيم تنتعش فعلة المعادن . وفي الشتاء بما ان س اكثف من الهواء الداخل يكون مجموع ب وس اثل من ا فتعكس جهة مجرى الهواء اس اي ينزل في ب ويصعد في ا

وانما في الربيع والخريف حينما تكون كثافة العوايد واحدة لكون درجة الحرارة داخل الارض وخارجها واحدة تقريباً تحصل الموازنة بينهما فلا يتحرك الهواء ولذلك تشتكي الفعلة وقتئذٍ من حبس الهواء الخناق

٢٢٦ ينتج مما تقدم ان العلة الكبرى لتحريك الهواء اذ يجري رياحاً هي الحرارة والبرودة وما يؤيد ذلك ما قال بعضهم انه اذا وُضع حجر حام في اوضةٍ واطفأنا سراجاً قريبه نرى دخان فتيلة السراج يتحرك الى جهة الحجر ثم يصعد من عنده . فعدم الموازنة في الهواء الناتج عن الحرارة يحرك الهواء في مكان ما الى فوق اذ ياتي هو الى اخر على جهة افقية لكي يشغل ذلك المكان . ولم تُشاهد حركة للهواء سوى على جهة افقية وعلة ذلك كون الهواء الاسفل هو الاكثف ولذا يميل الى مكان الصاعد دون غيره فاذا صعد الهواء بالحرارة في مكان ياتي الهواء الاسفل من مكان اخر فتحصل حركة افقية



٢٢٧ ان النسيم يحدث غالباً في الاماكن المجاورة للبحر وبالخاص في جزائر المنطقة الحارة اذ يهب من البر الى جهة البحر ليلاً ومن البحر الى جهة البر نهاراً . وسبب حدوثه هوائه عند شروق الشمس في صباح صافٍ تكتسب الارض كمية من الحرارة من اشعتها الواقعة عليها فيكتسب الهواء المجاور للارض جانباً عظيماً من تلك الحرارة بطريقة المجاورة والانعكاس فيتلطف ويطلب الصعود اذ يصير ثقله النوعي اخف وعند ذلك ياتي هوائه من جهة البحر لكونه ابرد واثقل لمجاورته للمياه فيحصل من ذلك النسيم البحري . وعكسه نسيم البر ليلاً اي انه اذ يبرد هواء البر ليلاً يبرودة البر ويتلطف هواء البحر بمجاورة البحر بداعي كونه يَبْقَى الحرارة مدة اطول من البر فياتي هوائه من جهة البر وهو ما يسمى بالنسيم البري ويقال له ايضاً نسيم الصبا . ومن حيث ان بعض الجزائر او الشطوط ذات الجبال تعكس جبالها كمية وافية من الحرارة لكونها تقابل الشمس يظهر فيها النسيم المذكور اكثر مما في غيرها . وهذا السبب نفسه هو علة دوام نسيم الاودية كما يشاهد عند رؤوسها اي ان الحرارة تنعكس بكمية وافرة من جانبي الوادي فتسبب حدوث نسيم دائم بموجب التعليل المذكور

٢٢٨ اما الرياح التجارية فهي المجاري الاعيادية من الهواء

التي تهب في المنطقة الحارة وتجري من كلا القطبتين متجهة الى  
نحو خط الاستواء لكي تملي مكان الهواء الذي يصعد على الدوام  
بداعي الحرارة في المنطقة المذكورة وهي بداعي كون الارض كرة  
تدور على محورها تاتي في شمالي المنطقة الحارة عن شمال خط  
الاستواء من الشمال الشرقي وفي جنوبها من الجنوب الشرقي. لانه  
لما كانت دوائر العرض بدوران الارض الى الشرق تزايد سرعتها  
بالاقتراب الى نحو خط الاستواء لتزايدها مع كون الدوران  
مشترك فالرياح المنتقلة من عرض شمالي الى نحو خط الاستواء  
اذ كان لها سرعة العرض الذي انتقلت منه تجناز اماكن اعظم  
سرعة منها الى الشرق فتتحرف هي الى الغرب فتظهر في شمالي خط  
الاستواء انها اتيه من الشمال الشرقي . ولما كانت هذه الرياح تحرف  
في كل نقطة الى نحو الغرب قليلاً فمهرها خط منح ضرورية. وهكذا  
يُعلل عن الرياح الجنوبية الشرقية التي يغلب وقوعها في جنوبي  
المنطقة الحارة . وفي بعض الاماكن الرياح تهب من الاصفاع  
الشمالية مدة ستة اشهر ثم من الجنوبية ستة اشهر اخرى وهكذا  
بالتداول بحسب اجنياز الشمس خط الاستواء ذهاباً وإياباً  
وذلك كريح الموسم التي تحدث في جنوبي اسيا  
ثم ان الهواء الذي يتصاعد من المنطقة الحارة يهب جاريًا

الى نحو القطبتين لاجل ردّ الموازنة . ولما كانت هذه المجاري  
الراجعة لها سرعة خط الاستواء تكون حركتها الى الشرق اسرع  
من خطوط العرض التي تمر بها فتميل الى الشرق وتصير ريحا  
جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي وشمالية غربية في نصف  
الكرة الجنوبي . والغيوم العليا تدل على جهات هذه المجاري

اما رياح المنطقتين المعتدلتين فهتيرة كثيرا ولا ضابط  
لها اذ كانت خاضعة لتأثيرات اشياء مختلفة غير قياسية كسطوط  
الجبر وسلاسل الجبال والغيوم التي تنجز احيانا دون جانب من  
نور الشمس وهلم جرا . وانما في خطوط العرض العليا من هاتين  
المنطقتين تظهر جليا المجاري العالية التي تاتي من نحو خط  
الاستواء اذ تسبب غالبا ريحا غربية

٢٣٩ اما سرعة الرياح فما يجري منها ١٠ اقدام كل ثانية  
يسمى نسبا . وما يجري بسرعة ١٦ قدما يسمى هبوا . وبعضها يجري  
بسرعة ٢٤ قدما كل ثانية فيسمى نافجة . وبعضها في ٣٥ قدما  
فتسمى عاصفا . وبعضها في ٤٣ فتسمى زعرعا . وبعضها في ٥٤  
فتسمى حاصبة . وبعضها في ٦٠ فتسمى زوبعة . وقد تتر الزوبعة احيانا  
في الاقاليم الاستوائية في ٣٠٠ قدم كل ثانية . واذالم تستوي الزوبعة  
في هبوبها بل دارت وقلعت الاشجار او سقوف البيوت فهي

الهوجاء . اما مقاومة الهواء الساكن للرياح فتزيد بموجب زيادة مربع السرعة اي اذا كانت سرعة ريح مضاعف سرعة اخرى فمقاومة الاولى اربعة اضعاف مقاومة الثانية وقد مرّ تعليل ذلك في الكلام على مقاومة السائلات

٢٤٠ قد قلنا فيما مر ان هواء الجلد ممزوج بكمية من البخار او الرطوبة . والان نقول ان تلك الرطوبة تزداد بتحويل مياه الارض الى بخار بحرارة الشمس وتساعد ذلك البخار مع الهواء الحار الذي يكون قد امتزج به . واعلم ان كمية الرطوبة التي يحملها الهواء تزداد بزيادة حرارة الهواء وذلك ليس على نسبة قياسية لان كمية الرطوبة تتضاعف بصعود الزئبق في الترمومتر ١٢° او ١٤° في الطقس الابرد وبصعوده ٢١° او ٢٢° في الاحر . ثم ان تبليّ الهواء يتوقف ليس فقط على كمية الرطوبة بل ايضا على الطقس لانه في طقس حار يقتضي رطوبة اكثر جدّا مما في طقس بارد لجعل الهواء متبلاّ على التساوي . فرطوبة الهواء في الصيف اوفر جدّا مما هي في الشتاء ولكنه لا يشعر بها صيفاً كما يشعر بها شتاءً . ولهذا يشعر برطوبة الليل اعظم من النهار مع ان كمية البخار تكون متساوية في كليهما او اقل ليلاً وعلى هذه الرطوبة وفعل الحرارة والبرودة يتوقف حصول الندي والصقيع والضباب والغيوم

والامطار والبرد والثلج فليتنقدم الى التعليل عن كل بمفرده  
 ٢٤١ اما الندى فيحدث من مجاورة الهواء القريب من سطح  
 الارض لسطوح اجسام ابرد منه فينضغط بالبرودة وينعصر منه  
 لذلك جانب من الرطوبة التي تحول بالبرودة الى ماء بصورة نقط  
 على السطوح المشار اليها. وذلك كما اذا ملأنا كباية ماء وعرضناها  
 ليلاً لهواء الجلد فان الندى حيثئذ يظهر على سطوحها الخارجة  
 وذلك يرى ايضاً بنوع جلي على سطوح اوراق النبات والخضر  
 في ايام الصيف. والندى لا يقع وقوعاً ولكنه يتجمع من الهواء  
 المجاور لسطح ابرد منه على السطح. ولما كان برد الاجسام علة الندى  
 فالبرد يظهر عليه بزيادة ولذا يظهر على النبات اكثر مما على  
 الرمال. ولما كانت الاجسام تتزايد برودتها ليلاً بزيادة ابتعاد  
 الشمس يزداد الندى حيثئذ اذ يجاور اجساماً اعظم برودة  
 ٢٤٢ اما الصقيع وهو المعروف عند العامة بالملاح فيعلل  
 عنه كما يعلل عن الندى غير ان السطح البارد الذي يجاورة الهواء  
 اذ تكون برودته تحت درجة الجليد المدلول عليها بالصفر في  
 الثرمومتر يظهر عليه الصقيع ولا يحدث صقيع الا اذا وجد ندى  
 ٢٤٣ اما الضباب فيحصل من ملاقات كمية من الهواء حاملة  
 بخار ماء لهواء آخر ابرد منه فالهواء السخن يكتسب البرودة

بالمجاورة فينضغط مع البخار الممزوج به . وقد يتصاعد ذلك البخار من الارض وقد يكون موجوداً في الهواء . ففي صبح بارد ينفضه الحيوان ويصعد من النهر او البحر او الينابيع . وفي الصيف يرى ذلك واضحاً صباحاً فوق الانهر او البحر . وذلك لانه لما كانت الاجسام تختلف في اقبال الحرارة اي في سير الحرارة فيها كما سيأتي في باب الحرارة وكانت الارض موصلًا للحرارة احسن من الماء فسطح الارض اذ تسري عنه الحرارة اسرع مما عن الماء بعد غياب الشمس يكون ليلاً ابرد من ماء البحر قليلاً وبالنتيجة يكون الهواء المجاور للارض ابرد من هواء البحر فالبخار الذي يصعد من البحر او النهر ويلتقي بهواء البر الذي هو ابرد منه يتحول الى ضباب . وقد يظهر شيء مخشبه بالضباب بتنفس الحيوان في طقس بارد قرب الانف والتم . ثم ان الضباب يحدث في الاماكن الباردة اكثر كثيراً مما يحدث في الحارة التي لا يرى فيها الا نادراً

٢٤٤ اما الغيوم فتحصل بموجب المبدأ المذكور للضباب غير انها تكون اعلى وهي مولفة ايضاً من البخار الذي يتصاعد من المياه او الاماكن الرطبة الى علو بحيث تكون درجة برودته كافية لضغطه . او من البخار الذي كان في الهواء باخللاط مجرى من الرياح يخرج دائماً من مكان حار باخر ابرد منه

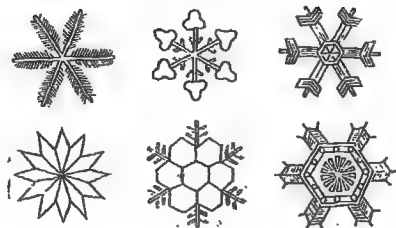
٢٤٥ اما المطر فيحدث من تبريد الهواء بغتة اذ يكون محنويا كمية وافرة من بخار الماء وذلك يحصل من مجاورة هواء بارد هواء حار او غالباً من تلاقي رياح باردة وحارة فيضغط الحار الحامل الرطوبة او الغيوم الكثيفة انضغاطاً كافياً لوقوع المطر. وعلة تحريك هذه الرياح ازدهار القطبتين والحر القادح عند المنطقة الحارة كما تقدم

٢٤٦ اما البرد فينتج متى التقى هوائه بارد جداً بنقط المطر وجدها. فبعد نزول نقط المطر من التقاء هواء بارد بهواء حار كما تقدم نتحول الى برد اذا التقت برج او هواء بارد جداً يجدها. ويغلب حدوث البرد في جبال المنطقتين المعتدلتين لوقوعهما بين البارد والحار حيث يتيسر امتزاج الهواء البارد جداً بهواء الحامل نقط المطر. ولا يكثر في المنطقة الحارة لقلة الهواء البارد ولا في المنحدرتين لقلة الهواء الحار. وكذلك بعض الاماكن المعتدلة تتميز بهذا الاعتبار على البعض الاخر كجنوبي فرانس الواقعة بين فرنيس ذات السهول الحارة وجبال الالبه المكتسية بالثلوج الدائمة فانه يكثر نزول البرد فيها

اما الثلج فيحدث من امتزاج هواء بارد جداً باخر حار بغتة واذ تكون برودة الهواء البارد كافية لتحويل بخار الغيوم حالاً الى

مادة جامدة تبلورة فيسقط بصورة ذروان وهذه اشكال الذروان  
المتبلورة

شكل ١٢٧



## الفصل الرابع

### في ضغط الهواء

٢٤٧ ان ارباب هذا الفن قد استعملوا ضغط الهواء لغايات  
جمعة مفيدة للصنائع والاعمال بواسطة آلات مختلفة نذكر البعض  
منها . من تلك الالات ما يقال له ضاغطة الهواء  
وهذه الآلة اسطوانة مجوفة ومدك يدخل فيها . وللأسطوانة سدة او مصراع  
م يفتح الى خارجها كما يرى ( شكل ١٢٧ ) . وقرب راس الاسطوانة عند  
فوهة على جانبها تقع عند اسفل المدك عند ما يسحب الى اعلى الاسطوانة والقصد  
بها دخول الهواء منها ليملأ الخلاء الذي احده رفع المدك . فبتنزيل المدك  
بقوة يساق الهواء امامه ويخرج من المصراع م اسفل الاسطوانة . فاذا كان



شكل ١٢٨



اسفلها مدخلًا بقنينة او وعاء اخر ضابطًا بواسطة  
برغ فالحواء الخارج من الاسطوانة المجوفة الى  
الوعاء اذ يتنعم رجوعه بالمصراع المذكور كما لا  
يجنى واذا يسحب المدك ثانية الى فوق القوّة ي  
في الاسطوانة يتنعم هواء اخر منها فيتنصب  
بواسطة تنزيل المدك ثانية للدخول في الوعاء.  
وهكذا يمكن ان يكرر العمل الى غير نهاية. وبعض  
الاحيان يجعل مصراع في المدك نفسه عوض  
القوّة في يستغنى عنها. واهيانا يفتح ثقتان عند  
حول لهما مصراعان يفتحان الى داخل الاسطوانة

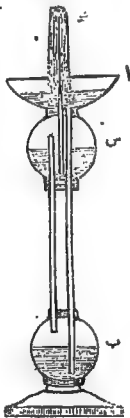
لكي يدخل الهواء ولا يعود يخرج بواسطتها. ثم بعد ضغط الهواء مقدارًا كافيًا  
تفتح الحنفية د الواصلة الى اسفل الوعاء فينشق الماء منها بسرعة شديدة من  
ضغط الهواء على وجهه. فاذا وُضع صندوق مثل مفتوح من اسفل في حوض  
يمكن ان يفرغ كله بهذه الالة. ونوافير جزائر ايسلاند الشهيرة الطبيعية المعروفة  
بالجسيرات التي يرتقي بها الماء النخ الى علو ٢٠٠ قدم مصحوبة بقطع من  
صخور تجري على هذا المبدأ لان ضغط الهواء الفاعل على وجه الماء داخل  
الارض يخرج هذه القوة وذلك الهواء الضاغط مما كان نوعه فهو ناتج عن  
فعل البركان

٢٤٨. وعلى هذا المبدأ ايضًا قد اصطنعت بارودة الهواء  
التي يفعل فيها ضغط الهواء عوضًا عن البارود. فانه بواسطة  
ضاغطة ينضغط الهواء في كرة معدنية مجوّفة فيها مصراع عند  
فيها مسدود بواسطة برغي على البارودة تحت الديك فعندما

يفقس الديك يسقط على مسار يدفعه على المصراع فينتفح حالاً  
ويخرج الهواء بسرعة قوية الى حديدة البارودة وبتدده السريع  
يدفع الرصاصة دفعاً اشبه بدفع البارود لها

٢٤٩ من الآلات النافعة ايضاً التي تتوقف على ضغط  
الهواء ناقوس الغواصين وقد مر ذكره في البداية  
ومنها نافورة هيرو

وهي كما ترى في (شكل ١٢٨) فان عمود الماء من الوعاء ايدخل الى  
وعاء الهواء ب ويضغط الهواء فيه ومقدار ضغطه  
بحسب علو آب ومن اعلى ب انبوبة او اثنتان  
يوصلان انضغاط الهواء الى وعاء اخر هوائي س  
المتلي الا قليل ماء وله انبوبة تصعد من اسفله  
الى الوعاء ا في راسها حنفية . فاذا كانت قوة  
انضغاط الهواء في س تساويها في ب تصعد  
نافورة علوها اذا لم يغتها شيء يساوي العمود  
الضاغط ا ب



٢٥٠ والآلة التي صُنعت على هذا  
المبدأ لاجل اخراج الماء من معدن في  
هنكارياسميت الآلة الهنكارية

وهذه صورتها (شكل ١٢٩) . فانه يسهل في هذا الحال تنزيل مجرى  
من الماء في انبوبة تنزل الى المعدن وتجعل ضغطاً قوته كافية ان ترفع الماء من

شکل ۱۴۰

الماء المتبقى للضغط المطلوب على ٢٦٠

احيث يتجمع الماء في اعلى الحفرة يدخل الماء

قعر اناء الهواء س. واذا يجري اليه الماء يضغط

عمود الماء ب. وهذه القوة مرسلة في انبوبة

ي المغطس في ماء المعدن الذي يدخل

فوق . وهذا الصندوق ووعاء الهواء من

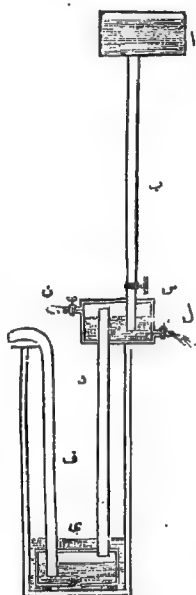
الماء. ومن قرب قعر الصندوق يخرج

فيمكن الآن ادراك فعل الاله بسهولة . فانه يقتضي ان يرفع الماء ستة

ولكن لا داعي لاستعمال كل هذه القوة لان عمودا من الماء بهذا الطول يقتضي

فقد ما يوجد بالحساب كافيا لرفع الماء في الخفرة الى العلو المطلوب ٦٩ قدما

لما من الخوض يدخل وعاء هوائي س تنقل فيه كل قوة العمود ب على



الهواء المتضمن فيه الذي ينضغط الى ان يعلّي حيزاً صغيراً في اعلى الوعاء  
فتزداد مرونته بنسبة ضغطه كما مر. وهذه القوة بواسطة الانبوبة د ترسل  
الى وجه الماء في الصندوق وتدفعه في الانبوبة ف الى فوق التي تفرغه في  
مكان التفريغ. وبالاختصار يتضح مبدأ الآلة الهنكارية بهذه العبارة

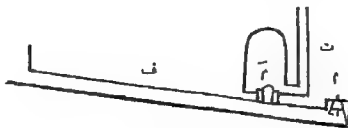
الماء يرتفع بضغط عمود ماء اعلى من العمود المطلوب رفعة وعلى سطح  
اعلى اذ كان الضغط برسل من العمود الواحد الى الآخر بواسطة الهواء  
المنضغط

ولما كان الماء ضمن الحوض ي يرتفع ويجري في الانبوبة ف فاضط  
على ي يمكن رفعة بفتح الحنفية ن وتسكير ل. ثم بفتح ل وتسكير من يرجع الماء  
وهكذا تدوم العملية

والامر المجهّب في هذه الآلة الذي منه تظهر الحرارة واضحا بضغط الاجسام  
والبرودة بتمدد ها كما سيأتي هوانة عند ما يبطل التفريغ من الانبوبة ف اذا  
فُتحت حنفية الوعاء س فالهواء يخرج بسرعة شديدة ونقط الماء تتحول  
الى برّد او قطع جليد. وهذا الامر يبين للتفرجين الذين يضعون برانيتهم  
في طريق الهواء الخارج من الحنفية. والبرّد يخرج بسرعة شديدة فيثقب  
غالباً البرنيطات كالرصاص. وعند بداية ضغط الهواء تظهر في هذه الآلة  
حرارة قوية

٢٥١ ومنها الجسر الهيدروليكي كما ترى في (شكل ١٤٠)

شكل ١٤١



اجزاءه الجوهرية التي اصطنعت لرفع الماء بواسطة ضغط الهواء فان فانبوبة طويلة متحدرة مضموية عند طرفها الاسفل مصراعاً م يفتح الى اسفل . فعند ما ينصب الماء من ينبوع او نهر عند م سرعته تزداد حتى يصير الزخم كافياً لرفع المصراع فيفسد الانبوبة . واذ كان الماء لا ينضغط بقوة كل العمود المتحركة تفعل بفتحة وتفتح المصراع م فينتهم الماء الى وعاء الهواء صاعداً في الانبوبة ت . ولما يبطل الزخم فالمصراع م ينزل بثقله ويخرج منه المجرى ثم يتكرر العمل . والهواء المنضغط في الوعاء بعد انغلاق المصراع م يساعد برفع الماء من الوعاء

## الفصل الخامس

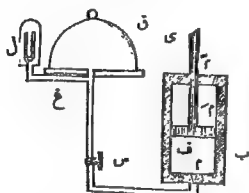
### في تفريغ الهواء والآلة المفرغة

٢٥٢ ان ثقل هواء الجلد الوافر يجعله ان يضغط الى كل الجهات على الاجسام بقوة شديدة كما يظهر ذلك من كبسه على وعاء فارغ منه كما سيأتي . ولاجل تفريغ الهواء من وعاء قد اصطنعت آلة تسمى الآلة المفرغة . وهي ذات هيئات مختلفة . ولكن معناها واحد

فلنوضح في (شكل ١٤١) الاجزاء الجوهرية من المفرغة ونصف كيفية تفريغ الهواء بواسطتها . ب برميل اسطواني فيه يشغل المدك ف اي يصعد

ويتزل بواسطة القضيبي وهذا المدخل مُدخل في البرميل دخولاً محكمًا

شكل ١٤٢



لكي لا يدخل الهواء عن جوانبه والقضيبي يرفع بواسطة مخل ومن كعب البرميل انبوب قمس تصل الى صفيحة المفرغة الجالس عليها قابلة من زجاج ق. ويفتضي ان يكون وجه الصفيحة وحافة القابلة سطحين

مستقيمين تمامًا لكي يلتصقا التصاقًا محكمًا حتى يحجز الهواء عن الدخول. وطرف الانبوبة المتصل بالبرميل مغطى بالمصراع م. وفي المدك ايضا المصراع م. وفي بعض المفرغات مصراع ثالث م عند الراس. وجميعها تفتح الى فوق اي من القابلة الى نحو الهواء الخارج فاذا رُفع المدك يسد مصراعه م بثقل الهواء فوقه وحينئذ يكون الهواء في الانبوبة والقابلة الذي كان منضغطًا بثقل الجلد يصير فراغًا امامه في البرميل والقابلة تنجز الهواء الخارج عنه بتمدد بمرورته فيفتح المصراع م ويدخل الى الفراغ ولذلك نقل مرونة الهواء في القابلة والانبوبة والبرميل وتكون واحدة في الثلاثة. ثم ينزّل المدك ينضغط الهواء تحته فينطبق المصراع م وينفتح م بضغط الهواء لما لا يخفى وعلى هذا الاسلوب يفرغ الهواء من قابلة الآلة لاجل انعام بعض تجربات. ول مقياس الآلة وهو متصل بها بواسطة الانبوبة غ والمقصود به معرفة كمية التفريغ وسياتي الكلام عليه

٢٥٢ ان تفريغ الهواء في هذه الآلة يزداد على نسبة او سلسلة هندسية. لنفرض سعة البرميل مثلًا تساوي تسع سعة القابلة مع الانبوبة المتصلة من القابلة الى البرميل فحينما يرتفع المدك اولًا من

اسفل الى اعلى فالهواء الذي كان قبلاً مالاً القابلة يتهدد  
فيتفرق بالتساوي في القابلة والبرميل . فالبرميل حينئذٍ يحوي  
على عشر كل الهواء المتضمن في القابلة والانبوبة ويبقى فيها تسعة  
اعشار . ثم بتزليل المدك الى اسفل يخرج هذا العشر من مصراع  
المدك . ولما برفع المدك فالهواء الباقي في القابلة الذي هو تسعة  
اعشار الكمية الاصلية يتوزع بالتساوي في القابلة والبرميل  
كالسابق وبالنسبة يحوي البرميل  $\frac{1}{10}$  من  $\frac{1}{10} = \frac{1}{100}$  من الكمية  
الاصلية ويبقى  $\frac{9}{100}$  في القابلة وبالامتداد في هذا الحساب يكون  
لنا الجدول الآتي

عدد الصببات	الجزء من الهواء الخارج كل صببة	الجزء الباقي في القابلة	كل الكمية الدرجة
١	$\frac{1}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{10}$
٢	$\frac{2}{100}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{19}{100}$
٣	$\frac{31}{1000}$	$\frac{729}{1000}$	$\frac{271}{1000}$
٤	$\frac{729}{10000}$	$\frac{7071}{10000}$	$\frac{2279}{10000}$
٥	$\frac{7071}{100000}$	$\frac{59049}{100000}$	$\frac{42929}{100000}$
٦	$\frac{59049}{1000000}$	$\frac{531441}{1000000}$	$\frac{468009}{1000000}$
٧	$\frac{531441}{10000000}$	$\frac{4782969}{10000000}$	$\frac{5217051}{10000000}$

الاعداد في العمود الثاني تدل على معدل التفريغ وانه لواضح انها  
تتألف من سلسلة هندسية ضاربها المشترك  $\frac{1}{10}$  . كذلك الكميات

الباقية في القابلة بعد كل سحبة هي على سلسلة مثلها ضاربها المشترك  
يساوي ضارب الاولى . فبعد سبع سحبات الكمية الباقية في  
القابلة تصبح اقل من نصف الكمية الاصلية . ولو أخذ قابلة  
صغرى لكان معدل التفريغ اسرع جداً . مثاله لو كانت سعة  
القابلة مثل سعة البرميل لكانت السلسلة هكذا  $\frac{1}{2} / \frac{1}{4} / \frac{1}{8} / \frac{1}{16} / \frac{1}{32} / \frac{1}{64}$   
 $\frac{1}{128} / \frac{1}{256} / \frac{1}{512} / \frac{1}{1024}$  فيصير الهواء في القابلة اقل مما كان بالف  
مرة ونصف بسحب المدك عشر مرات

٢٥٤ لما كانت هذه السلسلة لن تنتهي فمن الواضح انه لا  
يمكن ان يصير فراغ تام بواسطة مفرغة الهواء . والذي يقطع الامل  
من تمام الفراغ هو ان الهواء عند ما يصير في القابلة لطيفاً جداً  
لا يبقى فيه مرونة كافية لترفع المصراع في قعر البرميل . واذا امكن  
ازالة هذا المخذور باحكام صنعة المصراع فلا يمكن ان تصنع  
مفاصل المصراع ضابطة ضبطاً تاماً حتى لا يدخل فيها شيء من  
الهواء مطلقاً . ولما كان الزيت المستعمل لاجل تدهين الآلة  
لتمشي بسهولة ياكل منها كثيراً على طول المدة فقد تصطع براميل  
بعض الآلات من زجاج وصفيحتها ومدكها من فولاذ غير انها  
تكون ثينة

٢٥٥ ان القابلة على المفرغة عند ما يفرغ الهواء منها تضغط



على الصفيحة ضغطاً شديداً وذلك لعظم ثقل الهواء فوقها الذي يضغط من جهة واحدة ولا منفذ له الى الفراغ في الداخل . ولا يخفى انه اذا نفذ الهواء الى داخل القابلة فالضغط من داخل يساوي الذي من خارج فلا يظهر ثقل على القابلة ولا تلتصق بالصفيحة ولذا يجب ان تكون ضابطة عليها . ولذلك اذا وضعنا جلدة مستديرة مدهونة بشيء لزج على لوح خشب املس ورفعنا الجزء الاوسط منها بواسطة خيط مربوط فيها بدون ان يكون مدخل للهواء يلتصق دائرها باللوح لضغط الهواء عليه ولا يمر له الى داخل

وبهذه الوساطة يمشي بعض الناس على السقوف متقلبين راسهم الى اسفل وارجلهم الى اعلى . فانهم يعلقون رجلهم بالمرس المربوط بالجلد الملتصق بالسقف بضغط الهواء عليه وعند ما يريدون نقل احدى رجلهم يفتحون باباً للهواء من عند حرف الجلد وينقلونها الى ابعد اذ يبقون معلقين بالآخرى فيلصقونها ويتعلقون بها ثم ينقلون الاخرى على هذا الاسلوب وهكذا يتنقلون في فمحة طويلة

٢٥٦ اذا مَصَّ انسانُ هواءاً داخل قنينة فانها تلتصق بفمهِ لهذا السبب عينه ويحسب . اذ ذاك انه في الانسان قد خلق

الله آلة مفرغة نظير التي شرحنا عنها . لان صدره كبرميل حينما  
يوسعه يتمدد الهواء فيه وفي القنينة التي يضعها على فيه المشبهة  
قابله . ثم حينما يضيق يخرج الهواء بطريق انفه وتكرار هذا العمل  
كتكرار سحبات المفرغة . ومثل ذلك عمل الحجام لانه يستخين  
الهواء في المحجمة بواسطة اشعال شيء فيها وطبقها حينئذ على  
جسم الانسان يتمدد الهواء فيها بالحرارة ثم ينضغط بعد تبريده  
في المحجمة فتقل كميته ويتمدد بارداً واذا لم يدخل للهواء الخارج  
يكبس عليها ويرفع الجلد تحنها ويجذب الدم من الاماكن المجاورة  
اليها وبعد ذلك يحجمه الحجام . ومثل ذلك اذا ملأنا قنينة بخاراً  
ثم سدناها سداً ضابطاً فانه يظهر ضغط الهواء عليها بدفع سدنها  
الى داخل وقس على ما ذكرناه ما لم نذكره من الامثلة التي لا داعي  
للتطويل بتفصيل كل منها لمشايتها

يظهر من هذه الآلة ان للهواء ضغطاً قوياً على كل الاجسام  
ومقدار ذلك كما نقرر ١٥ ليبرة على كل عقدة مربعة . فالضغط  
على الجسم الانساني المتوسط يساوي نحو ٥٠ قنطاراً ونصف كما  
مر . ولكن لكون الهواء سائلاً ويضغط من كل الجهات لا يظهر  
ضغطه على شيء ممثلي او صلد فلا يتعب الانسان ولكن عند ما  
يحصل فراغ يظهر الضغط . ودليله انه اذا اخرج الانسان الهواء

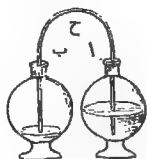
من صدره ثم سدانته وفيه فلا يعود يستطيع ان يوسع صدره لضغط الهواء. وبداعي هذا الضغط نفسه يدخل الهواء الى كل السائلات ويملي مسام كل الاجسام الصلدة الا الاجسام الشديدة الكثافة كالذهب والبلاتين

ثم ان ضغط الهواء المذكور ينقص ميل السائلات للتحوّل الى حالة البخار. فيزيد درجة غليانها. فالماء السخن الذي درجة حرارته تحت حرارة الدم وهي ادنى كثيراً من درجة الغليان يغلي تحت قابلة من مفرغة الهواء او في فراغ حاصل بطريقة اخرى. ولولا ضغط الجلد لاقتضى فقط حرارة ٧٢ عوضاً عن ٢١٢ لغليانه. وعلى ذلك تنقص درجة الغليان في الجبال العالية عنها في السهول التي هي على مساواة سطح البحر. ولذلك السوائل السريعة الميل للتحوّل الى بخار قلما توجد في الطبيعة في حالة السيولة كالكحول والايثير

٢٥٧ ثم انه من هذه الآلة تظهر مرونة الهواء لان اصغر جزء منه يمكن ان يمدد الى حد لا يدرك بازالة الضغط الخارجي عنه. ومن الجهة الاخرى قد ضغط اهل هذا الفن الهواء بواسطة الكبس حتى صارت كثافته اعظم من كثافة الماء مع كونه لا يزال في حالة المرونة غير منظور. فالهواء بداعي مرونته يتحرك بادنى

سبب يبطل موازنته سواء كان بالتكثيف أم بالتلطيف . وقد

شکل ١٤٢



عُملت تجربة تظهر حركة الهواء جلياً بالتلطيف وهي هذه . لتكن ا و ب

كاسين كرويتين مسدودتين بعنقي نحاس عند ا و ب . واح ب انبوبة

نحاس يدخل طرفاها في عنقي الكاسين دخولاً محكمًا الى قرب قعري الكاسين . وعند ب ثقبه تتصل الى داخل الكاس ب .

ولنفرض املانة الى نحو نصفها ماء وب فارغة من الماء فيكون الهواء الذي فوق الماء في المحصوراً من كل الجهات . فاذا وضعت

هذه الآلة داخل قابلة المفرغة وسحب الهواء من القابلة يندد الهواء او يفرغ من داخل الكاس ب ومن الانبوبة لاتصالها بالثقبه

عند ب . واذا يكون الهواء في انبوبة الماء بينه وبين الهواء المتهدد او الفراغ في ب يدفع الماء الى ب حيث المقاومة امامه قليلة جداً

او معدومة فينقل الماء الى ب لكي تصبح المرونة متساوية في الكاسين . ولا يخفى انه اذا رُفعت القابلة ورجعت مرونة الهواء

في ب كما كانت يرجع الماء من ب الى ا

ثم يظهر ايضاً ان الهواء ضروري للاشتعال لانه اذا فرغنا الهواء من قابلة ضمنها مصباح او نار تنظفي . وضروري ايضاً

لتنفس الحيوان لانه اذا وضعنا حيواناً داخل قابله واخرجنا منها  
 الهواء فانه يموت . والهواء هو الموصل الاعظم للصوت لانه اذا  
 وضع جرس داخل قابله الآلة المفرغة واخرجنا منها الهواء وقرعناه  
 فلا يكاد يسمع صوته كما سيأتي في السبعيات . ويمكن ان يبين  
 ايضاً بواسطة المفرغة ان ثقل الاجسام الحقيقي ينقص بواسطة  
 كونها ضمن هذا السيال كما ان الاجسام الثقيلة تخف بغمسها في  
 الماء كما عللنا عن ذلك في الثقل النوعي وفي السائلات . وان  
 الاجسام الخفيفة تعوم فيه لعله كون ثقله النوعي اعظم وان الاجسام  
 ذات الكثافات المختلفة كالريش والذهب وغير ذلك تستط في  
 فراغ الى نحو الارض بسرعة متساوية

٢٥٨ مما يمكن التلميح ان يفهم مقياس المفرغة ل بسهولة  
 (شكل ١٤١) . فانها قابله من زجاج متصلة بانبوبة الآلة  
 بواسطة الانبوبة غ . من ضمنها انبوبة زجاج منحنية ذراعها اليسرى  
 مسدود ملآن زيتاً واليمين فارغ مفتوح . فلكون هذا المقياس  
 متصلاً بانبوبة الآلة يفرغ الهواء منه عند ما يفرغ منها وحينئذ  
 يقل ضغط الهواء عن اسفل الزيت لكونه يتمدد في الذراع اليمنى  
 فيترل الزيت في الذراع اليسرى ويرتفع في اليمنى . وكلما قرب  
 الفراغ الى التمام يقرب الى ان يكون عمودا الزيت في الذراعين

على علوِّ واحد حيث يتوازنان وبالعكس فبذلك يعرف الفراغ  
النام أو القريب منه ولهذا سميت هذه القابلة والانبوبة من الزجاج  
التي ضمنها بمقياس الآلة

تنبيه . انه بداعي امكان حصول فراغٍ اما بواسطة تفريغ الهواء او  
بتكاثف البخار بتبريده محصوراً في وعاء ولكن الهواء والبخار تظهر قوة ضغطه  
على شيء امامه فراغ صار هذان السائلان المرنان علةً لتشغيل وتحريك  
الات مختلفة . وكثير من الآلات الانفع تنوقف على مبادي السائلات غير  
المرنة والمرنة معاً فلذلك اعرضنا عن ذكرها الى الان . والان لتتقدم للبحث  
عن الآلات الهوائية وسنذكر ان شاء الله الآلة البخارية في باب الحرارة

## الفصل السادس

### في الآلات الهوائية

٢٥٩ المصن . اذا ملئت انبوبة منعكفة ذات ذراعين احدها  
طويلة والاخرى قصيرة من سائل وغُمِسَتْ فوهة الذراع القصرى  
في الماء فالسائل يجري في الذراع الطولى حتى يتفرغ ماء الوعاء الى  
فوهة القصرى فانبوبة كهذه يقال لها مص . ويمكن ان تملأ بالسائل

اما بغمس ذراعها القصرى فيه ومص الطولى بالنم او بسكبه فيها  
وبقاء طرفيها مسدودين الى ان تغمس الذراع القصرى في  
السائل فيتفرغ السائل في الذراع الطولى . شكل ١٤٣



وتعليل المصص هو كما سيأتي

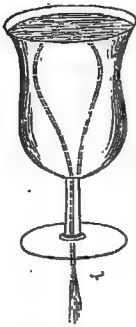
المجلد يضغط بالتساوي على فوهي ذراعي الانبوبة  
( شكل ١٤٣ ) ولكن هذا الضغط على فوهة الذراع  
الطولى يقل بزيادة عمود الماء فيها عن عمود القصرى

فيبقى الضغط على العمود الأطول أقل مما هو على الأقصر فيجري السائل  
في تلك الجهة التي فيها تكون المقاومة أقل . واذ يجري الماء من فوهة ذراع  
المصص الطولى لا يحصل فراغ فيه لان ضغط الجلد على الماء في الوعاء اذ لا  
يقاومه الفراغ يدفعه امامه في المصص ما يتفرغ من الفوهة وذلك بسبب دوام  
جريانه حتى يهبط الى سطح فوهة المصص الداخلة

فلو كان علو الذراع القصرى اربعة وثلاثين قدماً من الماء لوازن كل  
ضغط الجلد على وجه السائل فلا تبقى قوة لدفع الماء في الانبوبة . فالمصص  
أثلاً لا يمكن ان يرفع الماء الى علو أعلى من ٣٤ قدماً ولا الزيق اعلى من نجى  
ثلاثين عقدة . وانه لو اوضح ايضاً ان المخرج اى فوهة الذراع الطولى يجب ان  
تكون اوطى من وجه الماء في الخوض لكي تمتص كل ما فيه من السائل فهذه  
الآلة لا يمكن ان تستعمل لرفع السائلات بل لتزيتها ونقلها من وعاء الى  
وعاء . وتستعمل هذه الآلة بالاختصاص عند بائعي المسكرات بنقلها من برميل  
او دة الى اخره . وقد تستعمل ايضاً أحياناً لنقل الماء من بير في ارض مرتفعة  
الى مكان اوطى او لحمله فوق تلة الى سطح اوطى على الجانب الاخر

٢٦٠ من الآلات الظرفية التي تظهر عمل المصص كاس مصنوع

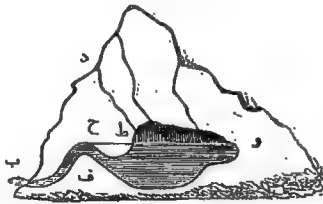
شكل ١٤٤



ضئمة ممص كما في ( شكل ١٤٤ ) . فان  
الذراع الطولى من المص نافذة من قعر الكاس  
مثبتة فيه كما ترى وفوهة الذراع القصرى  
واصلة الى قرب قعره . فاذا صب ماء في  
الكاس الى منحنى المص يصعد في الذراع  
القصرى الى هناك ثم بدوام صبه ينسكب من  
فوهة الذراع الطولى ب . وبضغط الهواء الدائم  
على وجه الماء في الكاس يدوم جريان الماء في  
المص الى ان يفرغ

٢٦١ ان الينابيع التي تجري ثم ينشف ماء مجراها في اوقات  
متوالية تجري على مبدأ المص

وللتعليل عن ذلك لنفرض ا ب في ( شكل ١٤٥ ) جبلاً وفحوضاً  
شكل ١٤٥



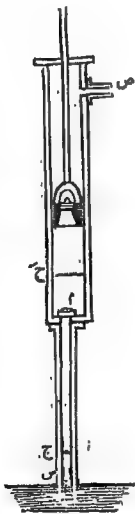
تتخلب فيه المياه من عدة اماكن في جهات مختلفة مثل التي عند د ولة مصرف  
على هيئة ممص مثل ف ح ب فواضع من السائلات ان الماء لا يتفرغ حتى  
يصل الى سطح في الحوض على مساواة انحناء المصرف مثل سطح و ط ح  
وحينئذ ياخذ بالجريان ويدوم جارياً الى ان يهبط الماء الى السطح المساوي  
ف بداية المص وبعد ذلك لا يتفرغ اكثر حتى يجمع الماء في الحوض الى ان



يصل الى السطح الاعلى كما تقدم وهكذا يتفرغ ثم ينشف على التوالي  
 ٢٦٢ طلبها السحب الاعنيادية . ان هذه الآلة مؤلفة من  
 اسطوانتين فارغتين وموضوعة احدهما تحت الاخرى وبينهما  
 مصراع يفتح الى فوق فالاسطوانة السفلى المغموس طرفها الاسفل  
 في الماء تسمى انبوبة المص . وفي الاسطوانة العليا مدك يتحرك الى  
 فوق والى تحت من القعر الى فوهة على جانب الاسطوانة قريبة  
 من راسها وهذه الاسطوانة ما نسميها بانبوبة التفريغ

لفرض ان المدك في بداية الثقل عند قعر انبوبة التفريغ ملتصق

شكل ١٤٦



بالمصراع م . فعند رفعه اذ يصير خلافاً ولا  
 شيء يصد تمدد الهواء مرونته يرتفع الى فوق في  
 انبوبة المص ويرفع المصراع ويتدد حتى يملأ  
 فمحة الخلاه ولولا ذلك لبقى تحت انبوبة  
 التفريغ . وبهذه الوساطة تطلق الهواء في انبوبة  
 المص فوالحالة هذه لا يعود يستطيع ان يقاوم  
 ضغط الجلد على سطح البير فيغلبه ضغط الجلد  
 ويدفع الماء في الانبوبة ويرفعه الى ان يضغط  
 الهواء داخلاً وتصير مرونته كافية لان تقاوم  
 ضغط الهواء خارجها . فتكون مرونة الداخل  
 حينئذ مثل مرونة الخارج . وحينما ينزل المدك  
 يمنع الهواء تحته من الرجوع الى انبوبة المص  
 بواسطة المصراع م الذي يطبق على فوهتها العليا

غير انه يهرب في مصراع في المدك نفسه مفتوح الى فوق على نفس الاسلوب في مفرغة الهواء. واذ يرفع المدك ثانية يصعد عمود الماء الى اعلى بالسبب الذي ذكر وهكذا حتى يخرج في المصراع الى انبوبة التفريغ. ثم لما ينزل المدك يفتح الماء مصراعه ويصعد الى فوق ومن ثم الى سطح الفوهة حيث يتفرغ. فيكون ملخص مبدا طلبها السحب ان الماء يرتفع الى انبوبة التفريغ بضغط الجلد ومن ثم يرتفع الى سطح الفوهة بواسطة المدك

تنبيه. لما كان عمود من الماء علوه اربعة وثلاثون قدماً في انبوبة المص يوازن كل ضغط الجلد على سطح يبر لا تبقى قوة تدفع العمود اعلى من ذلك ولذلك يقتضي ان يكون علو المصراع عند رأس انبوبة المص اقل من اربعة وثلاثين قدماً فوق الير

٢٦٢ لتتقدم الآن الى البحث عن القوة المطلوبة في كل سحبة لرفع المدك غير ملتفتين الى ثقل المدك والفضبان وفعل الفرق. ليكن المدك عند م (شكل ١٤٤) و سطح الماء في انبوبة المص عند ح وليكن ع عدد الاقدام في س ح. فتكون قوة مرونة الهواء حينئذ في ب ح ضاغطة على كل عقدة مربعة بمقدار ثقل عمود من الماء قاعدته عقدة مربعة وعلوه محسوباً اقدماً ٢٤ - ع لان ع تضغط ضد عمود الهواء خارج انبوبة المص الذي يساوي ٢٤ قدماً من الماء. ففي صعود المدك اذا لكل عقدة مربعة من قاعدته تضغط الى اعلى بهذه القوة. ولكنه من الجهة الاخرى مضغوطاً الى تحت بكل قوة الجلد التي تساوي ثقل عمود من الماء له نفس هذه القاعدة وعلوه اربعة وثلاثون قدماً. فالقوة التي تقاوم صعود المدك اذا لكل عقدة مربعة هي ثقل عمود من الماء قاعدته عقدة مربعة وعلوه الفرق بين اربعة وثلاثين قدماً و ٢٤ - ع قدماً اي ان القوة الفاعلة هي ع قدماً. فيظهر من ذلك انه يقتضي قوة لرفع المدك متساوية تماماً لثقل عمود من الماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وعلوه

مثل علو الماء في انبوبة المص فوق سطح الماء في البير . فينتج انه كلما صعد الماء في انبوبة المص تزداد بنسبة ذلك القوة المطلوبة لرفع المدك ثم لنكتفئ الى القوة المطلوبة لرفع المدك في الجزء الثاني من العملية اعني حينما يكون الماء المرفوع قد اجتاز مصراع المدك . ليكن المدك عند م (شكل ١٤٦) و سطح الماء عند ح فالضغط الى اسفل على المدك هو بدون شك والحالة هذه ثقل الماء المستقر عليه وهو ب ح مع ثقل الجلد . لكن ع عدة الاقدام في العلوب ح فتكون  $٣٤ + ع$  تدل على عدد الاقدام في عمود من ماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وثقله مساو لكل الضغط الى اسفل على المدك

ثم من جهة الاخرى الضغط الى اعلى يحصل بثقل الجلد الضاغط على الماء في الخوض المرسل في عمود س ب الى السطح الاسفل من المدك . ولكن اذا كان هذا الضغط لا بد ان يحمل العمود ب س يجب ان نطرح منه ثقل هذا العمود لكي نحصل على الضغط الفاعل الى فوق على المدك . فمن عمود ماء علوه  $٣٤$  قدما وقاعدته تساوي قاعدة المدك اطرح الكمية من الاقدام ب س فيحصل لنا عمود ثقله يساوي الضغط الى اعلى . والفرق بين الضغط الى اسفل والضغط الى اعلى هو القوة اللازمة لرفع المدك

الضغط الى اسفل -  $٣٤ + ع$

• • • اعلى -  $٣٤ - ب س$

الباقى  $ع + ب س$

ولكن  $ع + ب س - ح ب + ب س - ح س$

فيظهر من ذلك ان القوة اللازمة لرفع المدك سواء كان الماء في انبوبة المص ام ارتفع الى انبوبة التفريغ هي ثقل عمود من الماء علوه مثل علو العمود فوق سطح الماء في البير وقاعدته تساوي قاعدة المدك . فهذه القوة

أثا من بداية العملية يقتضي ان تزداد على الدوام حتى يرفع سطح الماء الى القوة المفرغة ومن ثم يبقى بتفرغ دائماً

من الملاحظات المذكورة يتضح انه يلزم لرفع الماء بواسطة ضغط الجلد نفس القوة اللازمة لرفعه بدونه فلا يرجح من ضغط الجلد . غير ان هذه الطريقة لرفعه من يبرهي غالباً ان نسب من رفعه بدلوع ان القوة التي يقتضيها الرفع هي واحدة على كلا الحالين

لكي نحسب القوة الحقيقية اللازمة لتشغيل طلباء بدون الثفات الى قضبانها . لنفرض علو فوهة مفرغة من فوق سطح الماء في يبر من جنس الاقدام ولنفرض عدة تلك الاقدام ع . وليكن قطر المدك الذي هو اجزاء من قدم ق . فقاعد المدك التي يَدُلُّ عليها بكسر من قدم مربع يكون ق<sup>٢</sup> × ٧٨٥٤ ، وان ضرب هذا الحاصل في عدد الاقدام للعلوع يكون لنا عدة الاقدام المكعبة من الماء الذي يقتضي ان يرفع في كل سحبة الذي يساوي ق<sup>٢</sup> × ٧٨٥٤ × ع . ولما قدم مكعب من الماء وزنه نحو ٦٣ ١/٢ ليبرة فاذا ق<sup>٢</sup> × ٧٨٥٤ × ع × ٦٣ ١/٢ - عدد الليبرات اللازمة عند كل سحبة لرفع المدك

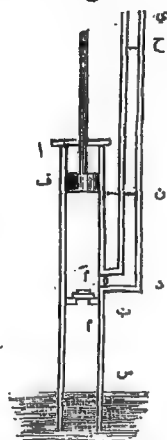
ان عمود الماء المفرغ في كل سحبة يساوي عموداً من الماء قاعدته قطع المدك وطوله طول السحبة . فتوجد الكمية من الاقدام المكعبة بضرب ق<sup>٢</sup> × ٧٨٥٤ في عدة الاقدام لطول السحبة ويعلم ثقل الماء المفرغ من الليبرات بضرب هذا الحاصل في ٦٣ ١/٢

١٦٤ طلباء الكبس . هي كما في (شكل ١٤٧) اسطوانة ا ب س

موضوع طرفها الاسفل س في حوض . لها مصراع عند م يفتح الى فوق ومدك مصمت بدون مصراع داخل في البرميل الاعلى ا ب دخولاً محكماً يلعب

فيه . وهذا البرميل متصل بانبوبة التفريغ دي بينها مصراع م يفتح الى فوق وإلى خارج . وهذه الانبوبة دي يمكن

شكل ١٤٧



مدها الى اي علو يلزم لرفع الماء . لنفرض ان المدك ملاصق المصراع م وان الماء في البرميل الاسفل سطحه عند س على مساواة سطح ماء الير . فعند رفع المدك الهواء في ب س يتلطف والماء يرتفع في ب س كما يرتفع في طلبها السحب بالتام . ثم بكبس المدك ايضا ينضغط الهواء في ف م فيشد على المصراع م ويفتح وينفذ منه . فتدري ان العملية هنا تجري مجرى طلبها السحب الى ان يصعد الماء في م الى البرميل الاعلى اذ يكون المصراع م مكان

مصراع المدك في تلك الآلة . فلنفرض ان الماء ارتفع في م وان الفسحة ف م ممتلئة منه . فعند كبس المدك اذ لم يكن فرصة لهذا الماء ان يرجع في م يدفع في م ويصعد في الانبوبة دي . وبمداومة العملية يتجمع الماء في الانبوبة دي حتى يصل الى العلو اللازم ويتفرغ . ولا يحتاج مبدأ هذه الآلة بكلام وجيز نقول انه في طلبها الكبس لا مصراع للمدك ولكنه اذ كان الماء يرتفع في انبوبة المص كما في طلبها السحب يكبس عليه جيمد ينزّل المدك فيصعد في انبوبة التفريغ في مصراع عند اسفلها

٢٦٥ ان القوة التي يقتضيها رفع المدك في هذه الطلبها الى ان يصل الماء الى اعلاها يجري حسابها على اسلوب طلبها السحب بموجب البرهان نفسه . وهي اذا اسقطنا ثقل المدك وقضيبه وفعل الفرق تساوي ثقل عمود من الماء قاعدته قاعدة المدك وعلوه بعد سطح الماء في البرميل اس عن سطحه في الير .

وأنه لو اوضح ايضاً ما قيل في طلبها السحب ان المصراع م يقتضي ان يكون علوه  
اقل من اربعة وثلاثين قدماً فوق سطح الماء في البئر. فان كانت ث تدل  
على ثقل المدك وقضيبه من الليبرات وق قطر قاعدة المدك الذي يدل على  
اجزاء من قدم وع عدد الاقدام في اس فالقوة اللازمة لرفع المدك تكون  
ع  $X$  ق  $X^2$   $7854 \times 7250 +$  ث من الليبرات

٢٦٦ والان لنبحث عن القوة اللازمة لكبس المدك. ليكون وجه الماء  
في يد فالضغط الجليدي على ح يوازنه الضغط على المدك من فوق بمقتضى  
قانون ارسال الضغط في السائلات. فلنغض النظر اذاً عن هذه القوة.  
وايضاً الجزء ف م يوازن الجزء ن د من العمود الصاعد فلانثفت اليها.  
فيظهر ان كبس ماء ف م على السطح الاسفل من المدك يساوي ثقل عمود  
من الماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وعلوه ح ن. فهذه القوة هي التي يقتضي  
ان تغلب في تنزيل المدك و ثقل المدك ف وقضيبه يساعدان في ذلك ويمكن  
هذا الثقل ث. لتكن ع عدد الاقدام في ح ن فالقوة الميكانيكية اللازمة لكبس  
المدك يعبر عنها من الليبرات بهذه العبارة

$$ع \text{ ق } X^2 7854 \times 7250 - \text{ ث}$$

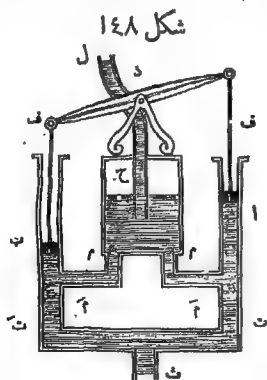
٢٦٧ من هذه الملاحظات يظهر ان ثقل المدك وقضيبه يعين قوة  
الكبس الآلة ولكنه يضاد قوة السحب فمفعولا الثقل بالنظر الى هاتين  
القوتين بخالف احدهما الاخر

ان كل القوة المستعملة لرفع الماء توجد باضافة القوة اللازمة لرفع المدك  
الى اللازمة لكبس. ولما كان والحالة هذه ثقل المدك وقضيبه يزيد الواحدة  
كما ينقص الاخرى فكل القوة تكون ثقل عمود من الماء قاعدته قاعدة المدك  
وعلوه ف س + ح ن اي علو سطح الماء في الانبوبة العليا فوق سطح الماء في  
البئر وذلك يساوي من الليبرات (ع + ع)  $X 7854 \times$  ق  $X^2 7250$ .

فيظهر من ذلك انه اذا انفتحت ظروف طلبها الكبس وطلبها السحب  
فلهذه مزية على تلك بانه لا فعل لنقل المدك وقضيبه لما مر . واذا كان الماء  
الذي يراد سحبه اعنى من ٣٤ قدماً او نحو اذراعاً كما ببعض الابار البواين  
فلا تصلح له الا طلبها السحب لما مر

٢٦٨ انه في طلبات الكبس اذا كانت القوة تفعل دفعات  
منقطعة يخرج الماء زرفات ما لم يعمل تدييراً لدوام جريانه على  
التساوي . وذلك قد اصطنع بواسطة وعاء هوائي ينضغط فيه  
جزء من الهواء فيكون واسطة لدوام الجريان . فان قوة المدك  
في سحبات متوالية تصل الى هذا الهواء المنحصر وهو بمرونته يفعل  
على سطح الماء في وعاء الهواء ويدفعه الى خارج بواسطة انبوبة  
او فوهة

وذلك يظهر من آلة النار كما يرى في (شكل ١٤٨) فانها مركبة من  
طلبين للكبس يرميان الماء الى  
وعاء فيه هواء الذي منه ينتشرب  
من الفوهة بعزم مرونة الهواء  
المنضغط . مثاله اوب طلبيان  
مدكاه ف يشغلان بعضاً  
داركها عند دومهما مصراعان  
ينفتحان الى فوق من انبوبة المصث  
المتصلة بمخوض وت تانايب  
تصل بالوعاء الهوائي ح بواسطة



المصراعين م م . وتدخل الانبوبة ل في راس هذا الوعاء وهي تتصل بانبوبة  
من جلد يندفع فيها الماء بكبس الهواء المحصور في ح الذي بسبب مرونته يفعل  
بالتساوي تقريباً على سطح الماء ويدفعه في الفوهة ل بجرى دائم . وسميت هذه  
الآلة بالة النار لانها تستعمل لاطفاء النار عند حدوث الحريق اذ كانت  
تدفع الماء بكمية وافرة الى علو كاف .





# الباب السادس

في السمعيات وفيه مقدمة وخمسة فصول

## المقدمة

في تحديد السمعيات وفي الصوت وتولده

٣٦٩ السمعيات فن من الفلسفة يبحث فيه عن طبيعة  
وتوابع الصوت، وموضوعه تولد الاصوات وانتقالها في موصلات  
مختلفة وانعكاسها عن سطوح ومبادئ الموسيقى الفلسفية  
الصوت، هو ارتجاج في الاجسام ينقله الى الاذن ثم ينشأ  
عن ذلك الارتجاج في مادة اخرى كالهواء توصل بين الجسم  
وبينها فيشعر به السمع. وتلك المادة التي تنقل الاصوات الى  
السمع يقال لها موصل. وغالباً يكون الهواء موصلاً للصوت وهو  
من المواد الانسب للسمع لكونه من الطنفا فلا يضر بالاذن ومن  
اسهلها واسرعها حركة لاجتماع صفتي المرونة والسيولة فيه. وقد  
تكون مادة غير الهواء موصلة للصوت كالماء وغيره كما سيأتي

٢٧٠ تولد الصوت . انهم قد تحققوا من ملاحظات مدقة .  
 ان اهتزازات الجسم المصوت والموصل المحيط به ضرورية للسمع  
 لان المادة المهتزة تفعل على الهواء فتحرّكه وتنبعث حرّكته بالتموج  
 الى عضو السمع . فقد يشعر بحركة الهواء الناشئة عن اهتزازات  
 الجسم في صوت طويل كصوت الجرس او صوت وتر قوس .  
 فاذا قرع جرس ثم نُتيت بحيث يستقر لسانه على حافته نُسَمِعُ  
 الاهتزازات جلياً واوتار الاقواس يرى واضحاً ارتجاجها بعد الضرب  
 عليها وحركات الجرس الى امام والى خلف تبقى منظورة ما دام  
 الصوت المرسل منه مسهوعاً . واذا وضع جرس في قابلة مفرغة  
 الهواء واخرج الهواء من القابلة فاذا دق يسمع له صوت خفي عند  
 بقاء قليل من الهواء في القابلة ويتلاشى عند حصول الفراغ التام .  
 واذا لم تفرغ على جسم او تضرب عليه فلا يمكن ان يحصل حركة

## الفصل الاول

### في انتقال الاصوات

٢٧١ قد اشرنا فيما مرّ انه يلزم لاجل اقبال الصوت الى  
 الاذن موصل كالهواء لكي يبعث ارتجاج الجسم المصوت اليها

وان الموصل الغالب هو الهواء . فنقول الان ان اهتزاز الجسم بمصادمته للهواء المحيط به يحدث موجاً فيه الى كل الجهات وذلك الموج يمتد في سيره وبصير اضعف فاضعف حتى يبطل كموج السائلات اذا رمينا فيها حجراً كما اشرنا سابقاً . ودليل امتدادو الى كل الجهات ان الصوت الناشئ عن ارتجاج الجسم يسمع الى كل جهة . ودليل انتهاء التهج ان الصوت يصل الى بعد معلوم فينقطع ولا يتجاوزهُ الى ابعد .

٢٧٢ ثم ان كثافة الصوت تتناقص بتناقص كثافة الهواء ولهذا تسمع الاصوات ضعيفة على الجبال العالية بداعي لطافة الهواء هناك . وقد ذكر بعض الذين سعدوا في البلون الى نحو ٧٠٠٠ متر اي نحو ١٠٠٠٠ ذراع انه كان صوته لا يكاد يسمع هناك . وبالعكس تسمي الاصوات كازدياد الكثافة فان ناقوس الغواصين المغطس في الماء تذاذي الاذن من سماع الوسوسة فيه لزيادة كثافة الهواء بضغط الماء عليه

٢٧٣ اما سرعة سير الصوت فقد عُرِف من امتحانات شتى مدققة ان معدل سيره ١٠٨٩٢٤٢ قدماً في الثانية عند ٣٢° ف اي عند درجة الجليد . واذا كان الهواء احر تكون حركته اسرع وبالعكس اذا كان بارداً بمقدار ١٢١٤ قدم لكل درجة في الثانية

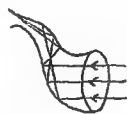
فاذا في الطقس الذي يكون < ٦٢° فيجري ١٩، ١٢٤، ١١٢ قدم  
 في الثانية او ١١٣٠ تقريباً. ولكون النور اسرع في سيره من  
 الصوت بما لا يوصف يظهر لمعان بريق مدفع أطلق عن بعد  
 قبل سماع صوت الطلق. وكذلك يظهر بريق الصاعقة قبل سماع  
 الرعد بمدة جملة ثوان ولكون مدة وصول البرق من رعد اليها  
 كلاشي \* تقرب المسافة بالنظر الى سرعة النور فاذا لاحظنا عدة  
 الثواني بين وصول البرق وبين الصوت وضربناها في ١١٣٠  
 يحصل لنا بعد ذلك الرعد. ثم اذا هبت الريح الى جهة سير الصوت  
 فتضاف سرعتها الى سرعة الصوت وتطرح اذا هبت الى جهة  
 متقابلة. غير ان ذلك لا يجعل الفرقاً طفيفاً اذ كان الصوت  
 اسرع من الرياح الاعيادية من ٥٠ الى ١٠٠ مرة. ولا يؤثر في  
 سرعة الصوت خلاف ما ذكر وهو درجة الحرارة والرياح فسواء  
 كان الهواء خفيفاً او ثقيلاً رطباً او ناشفاً معدل ذلك واحد.  
 وسقوط الثلوج يقصر امتداد الصوت الى بعدٍ ويصير اضعف على  
 بعد مفروض ولكنه لا ينقص سرعته. وجميع انواع الاصوات عالية  
 كانت ام منخفضة خفيفة ام كثيفة تتحرك بسرعة واحدة. اما كون  
 الالحان العالية والوطيئة في الموسيقى تجري بسرعة واحدة فقد  
 تبرز بتغنية نغمات ما لوفة على فلوت عند ظرف انبوبة طولها

اكثر من نصف ميل وأصغي اليها عند الطرف الآخر فلم يحصل اضطرابٌ في تنابع الالحان الوطيئة والعالية كما يحدث اذا تحركت بسرعاتٍ مختلفة

٢٧٤ ان الاصوات تكون اعلى وتسمع عن بعد ابعد في الجهة التي يجري فيها الجسم المصوت المصادم للهواء او التي يجري فيها الهواء الذي يموج ما حوله من الهواء. فصوت مدفع مثلاً يسمع الى ابعد في الجهة التي اطلق فيها والمتكلم في الهواء البعد الاعظم الذي في نهايته يسمعه من هو امامه اعظم من ثلاثة اضعاف البعد الاعظم الذي يسمعه في نهايته من خلفه وذلك لان الهواء الخارج من فيه الذي يكون قد تموج بحركة اوتار الحنجرة لاسيلا له ان يجري في بداية تموجه الا الى قدام فيضعف تموجه بعد خروجه من الفم الى جهة خلف وهكذا يقال في مجرى الهواء الذي يموجه بارود المدفع

٢٧٥ اذا حُصر الصوت لكي يجري الى جهة واحدة كما اذا جرى في انبوبة يجري الى ابعد في الجهة التي ينحصر جريانه فيها. فان صوت الفلوت سُمع واضحاً الى ابعد من نصف ميل بارسالة في انبوبة طويلة. والقرين السمي الذي يستعمل لاجل المناجاة في غرف بناء واسع او مركب كبير متصلاً من غرفة الى اخرى

بواسطة انابيب هو ذو منفعة عظيمة لايصال



شكل ١٤٩ صوت التكلم الى الغرف وهذه صورته

٢٧٦ اذا مر الصوت في ثقب لا ينحصر

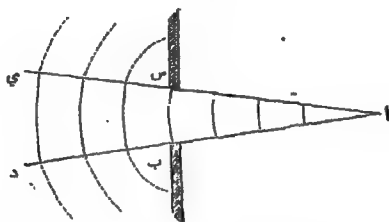
كل الانحصار داخل الخطوط المستقيمة المرسومة من مكان

الصوت مارة بمحدود الثقب ولكنه يمتد قليلاً الى الجوانب

مثال في هذا الشكل اذا صدر الصوت من ا و مر في الثقب ب س

فالشخص بين ب د وس ي يسمع الصوت جلياً . ولكن حالما يجتاز احد

شكل ١٥٠



هذين الخطين الى خارجها يشعر بان الصوت قد ضعف ولكنه لم يتلاش .

فانه يتوزع قليلاً منه خارج هذين الخطين كأن ب وس مصدران له

٢٧٧ قد تقدم الكلام في السائلات انه في موج المياه دقائق

الماء تصعد وتهبط اذ تحرك الامواج المخرية تلك الدقائق الى

شكل ١٥١



جهة افقية على سطح الماء فيجري تَمُوج الدقائق في السائلات غير المرنة الى جهة معارضة لجهة حركة الامواج . واما التَمُوج الذي يحدث بانتقال الصوت فيختلف عن ذلك لان دقائق الهواء تَمُوج في خط حركة الامواج فلا يكون في التَمُوج علو وانخفاض بل يحصل تكاثف وتلاطف

ففي ( شكل ١٥١ ) تظهر حالة تَمُوج الهواء حول مركزي . فعند ب ود يتكاثف الهواء وعند ا وس وي يتلطف . وكيفية ذلك ان الدقائق تندفع من مركز الصوت فتزدحم قدامه عند ب فتحدث تكاثف هناك . والتي عند ب تندفع بقوة المرونة وتزحم التي امامها وهلم جرا فيمتد التَمُوج على هذا الاسلوب الى حيث يتلاشى كامواج الماء . وانما التكاثف عند ب يجعل الدقائق المزدحمة في تلك النقطة تتلطف اذ تتحرك التي امامها الى قدام فتتفرق الدقائق في لحظة واحدة كما تكون قد ازدحمت بعضها على بعض في اللحظة السابقة . وهذه التكاثفات والتلاطفات المتتابعة تمتد من مصدر الصوت الى كل الجهات بسرعة نحو ١١٠٠ قدم كل ثانية كما مر . ولكن اذ نتقدم بسرعة كهذه تتحرك الدقائق التي تتألف منها الامواج الى الامام وإلى الوراء في نفس المخطوط التي تتحرك فيها الامواج . واذ كانت الامواج تنبعث من المركز بسرعة متساوية الى كل الجهات فيكون كل منها ذات سطح كروي مركزي مصدر الصوت

٢٧٨ قد قلنا ان الموصل الغالب للصوت هو الهواء ولكن جميع المواد المرنة سواء كانت غازية ام سائلة ام جامدة تصلح لنقل الصوت غير ان السرعة التي تسير بها الامواج تختلف في موصلات

مختلفة . ويتبين ان كل الغازات والبخارات توصل الصوت من  
انه اذا استخرج الهواء من قنبلة فيها جرس حتى لا يعود يسمع  
قرعهُ ثم ملئت القنبلة بمادة غازية مهما كانت وقُرِع الجرس  
حينئذ يسمع صوته ايضاً . والسائلات ايضاً هي موصلة جيدة  
للصوت لان الجرس الذي يقرع تحت الماء يسمع الى بعد عظيم  
فيه . وفي سنة ١٨٢٦ عمل المعلم كولادون تجربات مدققة في ماء  
بحيرة جنيف فوجد انه اذا قُرِع جرس في الماء فالصوت لا يتجاوز  
الماء فيسمع في الهواء الا اذا كانت الاذن قريبة من الجرس . ولكن  
الصوت اذا نزلت انبوبة من تنك مسدودة من اسفلها في الماء  
ووقع عموديا على جدارها يدخل الى الهواء داخلها ويسمع عن  
بعد كما يسمع بوضع الاذن تحت الماء تقريباً . وكذلك تحقق انه  
لما تكون حرارة الماء ٤٧° يتحرك الصوت فيه على معدل ٤٧٠٠  
قدم كل ثانية وذلك اكثر من اربعة اضعاف سرعته في الهواء .  
وقد لاحظ ايضاً ان الصوت في الماء لا يجتاز خطوط انقباب الاجسام  
الا بضعف . فاذا كان مصدر الصوت الكافي ( شكل ١٥٠ )  
وبس ثقباً بين الصخور تحت الماء فالصوت بعد اجتيازه بس  
ينحصر بين الخططين المستقيمين ا د و ا ي ولا يسمع خلف الصخور  
كما يسمع بين هذين الخططين فالصوت خارج الخططين اشبه



بظل النور كما سيأتي ولذلك يقال له أحياناً الظل السهمي  
 ٢٧٩ اذا قُرمت اذنك من طرف قضيب حديد طويل  
 تسمع جلياً ولو تخميش الدبوس على الطرف الاخر اذا كان الصوت  
 يصل الى الاذن بواسطة الحديد . ويمكن ان تصنع تجربة مثل  
 هذه في عصا من خشب طويلة ، واذا سدت الاذنان وعض شخص  
 على طرف شريط طويل فادنى قرعة او تخميشة على الطرف  
 الابعد تسمع كصوت عالٍ جداً . فينتج مما مر ان قوة اقبال الصوت  
 في المواد تختلف كاختلاف الكثافة والمرونة فان زاداً معاً في مادة  
 كانت اجود موصل للصوت وبالعكس ولذلك قد خلق الله  
 داخل طبل الاذن عظيمات وشريطة غضروفية ملتفة لئلا حلزونياً  
 مغموسة في سائل لطيف تحمل الصوت الى الدماغ كما يعرف  
 من علم التشريح لانها انسب جداً من الهواء لاجل اقبال الصوت  
 لو فور تصلب الاولى وزيادة مرونة الثانية . وصوت الزلزلة  
 واضطرابات البراكين ينبعث الى بعد عظيم في الارض الجامدة .  
 وقد تحقق بالامتحانات على الحديد المسكوب ان الصوت يسري  
 في هذه المادة نحو ١٠٠٠ قدم في الثانية اي عشرة اضعاف سرعته  
 في الهواء . واذا كان جمهور من الناس قادماً يعرف قدومهم عن  
 بعد بوضع الاذن على الارض . وهذه العادة كانت جارية من

قديم بين قبائل البرية. ومن الملاحظات يظهر ان الكلب يشعر حالاً بجي شخص عن بعد حينما يكون مُلقياً اذنه على الارض

٢٨٠ قد لوحظ ان الاصوات لا تجاز من الماء الى الهواء الأضعفة ومن الهواء الى الماء كذلك كما اشرنا (رقم ٢٧٨) فاذا أُطبقت القابلة المشار اليها سابقاً (رقم ٢٧٠) على صفحة المفرغة وحُرِّك الجرس داخلها يكون الصوت قبل اخراج الهواء ضعيفاً. وذلك بداعي توسط الزجاج بين الجرس والاذن مع ان الزجاج موصل جيد للصوت فيستنتج ان الصوت لا ينتقل من موصل الى اخر. ولذلك تسمع الاصوات ضعيفة اذا توسطَّ شئ بين الجسم المصوت والاذن ولن يكن ذلك الشئ موصلاً جيداً للصوت. واذا كان الجسم المتوسط ذا كثافات مختلفة حتى يقتضي الصوت ان يجتاز عدة مرات من مادة الى اخرى فلا يكاد يسمع. ومن ذلك تنضح هذه الحقيقة وهي ان كباية الزجاج التي ترن جلياً وهي ممتلئة سائلاً يخفي صوتها كلياً اذا تغطى السائل بفقاع رغوة. فاقمشة مختلفة السمك رخوة النسيج ومواد خشبية او خزفية الخ هي غير قابلة لايصال الصوت الا قليلاً ولذلك لا يكون الصوت في البيت المكسي بالاثاث من خزائن وموايد ومقاعد وطنافس الخ قوياً كما في البيت الفارغ منه

## الفصل الثاني

### في انعكاس الاصوات

٢٨١ اذا التفت امواج صوت بسطح تنعكس عنه راجعة الى الهواء جارية على هذا الناموس وهو ان زاوية الانعكاس تساوي زاوية الوقوع . والصوت المنعكس يسمى صدى  
فبحسب القانون المذكور اذا اراد شخص ان يسمع صدى صوته فعليه ان يستقر بحيث يكون صوته على خط عمودي على السطح المنعكس عنه الصدى . فالابنية والمغائر والصخور والجبال ذات الوديان والغيوم هي اجسام ترجع او تعكس الصدى . والاصداء في بعض الاماكن تتكرر كثيراً من تعداد السطوح العاكسة وابعادها المختلفة او من تكرار رجوعها بين سطحين متوازيين فاذا اطلق مدفع في وادي بين عدة جبال فرجع الصدى يستمر احياناً مدة دقائق . وجداران متوازيان من بناء قد عرف انها يردان صدى طلق غلالة بين خمسين وستين مرة . وكون الغيوم ترجع الاصداء يتبرهن من ملاحظة صوت مدفع اذا اطلق في حال

صفاة المجلد ثم في حال تكثرو . فعلى الاول يكون الصوت بسيطاً حاداً وعلى الثاني يكون مستطيلاً مفرقاً بتكرار رج الصدى بين الغيوم والارض

٢٨٢ ان رعد الغيوم الذي يستمر احياناً عدة ثوان ليس ناتجاً فقط عن رج الصدى بل يحدث غالباً من تباين ابعاد مختلفة لمجرى الصاعقة نفسها . لانه على كل حال وميض البرق للصاعقة يلوح في لحظة فاذا كان طريقها في خطٍ بعضه ابعد عن الاذن من البعض الآخر كما اذا سارت في طريق متعرج تختلف الاوقات التي فيها يصل الصوت المتولد من اماكن مختلفة الى الاذن بحسب اختلاف البعد فيتكرر باختلافها

٢٨٣ ان الصوت ينعكس غالباً عن سطوح مستوية كجدران بناء او سطوح مشبهة بها كجوانب الوديان . ويلوح للسامع ان صوت الصدى بعد انعكاسه عن سطح قد صدر من نقطة على الجانب الاخر من السطح العاكس على بعد منه متساو لبعد الصوت الاصلي من ذلك السطح . وقد مر انه اذا انعكس صوت الصدى لمنكلم عن سطح عمودياً يرجع اليه فيسمع صوت نفسه . فاذا راقب شخص عدد الثواني بين صدور الصوت منه ورجوع الصدى اليه يعرف بعده عن السطح العاكس بموجب العبارة

الآية . لنفرض الثواني = ث والبعد = ب فمن حيث ان الصوت بذهابه وإيابه يكون قد سار مضاعف البعد بين المتكلم والسطح العاكس وسير الصوت =  $1120$  قدماً كل ثانية يكون  $ث \times 1120 = 2ب$  و  $\frac{ث \times 1120}{2} = ب$  أي لكي تعرف البعد بينك وبين سطح الصدى اضرب الثواني التي فيها يرجع الصوت اليك في  $1120$  وخذ نصف الحاصل فيكون لك البعد . ثم من تحويل العبارة المذكورة يظهر ان  $ث = \frac{ب^2}{1120}$  فإذا كان بعد المتكلم عن سطح الصدى  $48$  قدماً تكون قيمة الثواني من حدوث الصوت الأصلي الى رجوع الصدى أقل من  $\frac{1}{2}$  ومن حيث ان هذه المدة لا يشعر بها يختلط الصوتان ويصيران صوتاً واحداً اذا كان رجوع الصدى عن هذا البعد . وإنما اذا كان البعد أكثر من  $48$  قدماً تكون المدة أكثر من  $\frac{1}{2}$  من الثانية وحينئذ تميز الأذن بين الصوتين فيظهر لها صوت الصدى

١٨٤ ان ناموس انعكاس الصوت عن سطح وهو ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان مطابق لناموس انعكاس النور عنه ولذلك كما ان النور يتجمع بانعكاسه عن سطح مقعر الى بؤرة ويتفرق بانعكاسه عن سطح محدب كما سيأتي تعليقه يتجمع الصوت ويتفرق بانعكاسه عن سطح مقعر او محدب كذلك .

فاذا وُضع مرأتان شجيمتا الشكل احدهما مقابلة للآخرى  
 على اي بعد كان فالصوت الصادر من بورة الواحدة ينعكس  
 الى الاخرى في خطوط متوازية ومن ثم يتجمع عند بورة الثانية كما  
 يصير في النور والحرارة. ولذلك تتجمع الاصوات في مركز واحد  
 اذ تنعكس عن جدران وسقف مقعرة كجدران الاقبية والقبة  
 وغير ذلك. واذا قرّبت صدفة مقعرة او ما يشبهها الى الاذن  
 نسمع دمدمة وذلك ناتج عن تجمع الاصوات الخفية المارة في  
 الهواء الى الاذن. وسطوح القرين السمعي تجمع الصوت على هذا  
 المبدأ عينه في نقطة ثم ترسله في الانايب الطويلة المتصلة بها.  
 وهنا تظهر حكمة الباري في خلق فم الحيوان مستدير التجويف  
 لكي يجمع صوت حنجرتِه فيسمع صوت نفسه جلياً بواسطة انبوبة  
 تصل بين الحلق والسمع والاذن بارزة مقعرة لكي تتجلى للسمع  
 الاصوات الخارجة. وغرف الوسوسة في باريز مصنوعة على هذا  
 المبدأ. وكنيسة القديس بولس في لندن يظهر فيها هذه الخاصية  
 المعجبة. والسطوح المقعرة التي يقابل احدها الاخر ككفين متقابلين  
 في بستان او عقدتين منعقدتين على جانبي سوق او جسر يمكن  
 الاشخاص في بوراتها ان تتحدث بالوسوسة مع وجود اصوات  
 عالية في الفسحة بينها من غيرها. ويحكى ان سجون ديونيسيوس

الملك الظالم كانت مصنوعة على هذا المبدأ منها تخرج انبوبة خفية الى مكان اخر فكان يضع اذنه على تلك الانبوبة فيسمع ولو الصوت الخفي من المسجونين

## الفصل الثالث

في الآلات الموسيقية ومبادئها الفلسفية

١٨٥ ان اصوات الموسيقى تنشأ عن اهتزاز جسم مرن رنان يحدث صوتاً مستطيلاً. فبهي كانت الاهتزازات فوق خمس عشرة او عشرين في الثانية يكون موسيقياً وكلما زادت سرعة الاهتزازات عن ذلك كان الصوت اعلى . والذي يجعل الصوت الموسيقي في الآلات هي الاوتار التي تحرك بالنقر عليها كالقانون والطنبورة او صفائح رقيقة من معدن او خلافة ينفخ عليها الهواء فيحركها كالارغن والمسحورة او عموء من الهواء نفسه محصور في انبوبة كالفلوت يحرك بالنفخ . فتشغيل الآلات الموسيقية يكون اما بالنفخ او بالنقر على الاوتار . اما الصوت الانساني فناتج عن كليهما لان الرئة هي بمنزلة منفخ يُنفخ بها باخراج الهواء منها وقد خلق الباري

عند اسفل الحجرة اوتاراً للصوت تندغم على غصوفين احدهما  
يقابل الآخر يتباعلان او يتقاربان بالارادة لكي تشد الاوتار او  
ترخي عند ما يريد المغني ان يرفع صوته او يخفضه . وعند ما تنفخ  
الرثة على هذه الاوتار وتجعل اصواتاً مستطيلةً يحصل الصوت الموسيقي  
٢٨٦ ان الوتر الموسيقي يقتضي ان يكون ذا شخن واحد مربوطاً  
بين نقطتين مشدوداً بقوة اعظم جداً من ثقله لكي يجعل صوتاً  
موسيقياً . وقوة الشد لوتر مربوط طرفاهُ ومشدود على آلة  
موسيقية توهم غالباً ثقلاً يجعل نفس الشد على تقدير كون الوتر  
مربوطاً طرفه الواحد كما كان ويمر على بكرة عند الطرف الآخر  
معلقاً فيه ذلك الثقل . وعند ما يُنقر عليه يهتز الى جانبي خط  
موقعه حال سكونه ونقطتنا الارتباط تبقيان ثابتتين وسي الصوت  
الذي يحدثه قراراً . اما درجة القرار في الاوتار الموسيقية فقد وجد  
بالامتحان انها تتوقف على ثلاثة امور وهي طول الخيط وشده  
وثقله . فاللحن يصير اعلى بزيادة الشد وتنقيص كلا الطول  
والثقل . وتأثير هذه الامور يظهر في الكنجاء الاعنيادية والقانون .  
فدرجة احد الاوتار ترتفع او تنخفض بمرم البرغي حتى يزيد او  
ينقص شده . او اذا بقي الشد على حاله يحصل الحان اعلى من  
الوتر نفسه بوضع الاصابع بحيث يقصر وكما قصر زاد علو الصوت .



وعلى هذا المبدأ يلعب من يغني على الربابة. أو اذا بقي الشد وطول الوتر على حالهما تغير الدرجة فيخفص قرار الصوت بمجعل الوتر اثخن أو يرتفع بمجعله ادقّ اذ يزداد أو ينقص ثقله

ان وقت الاهتزاز المزدوج هو وقت مرور وتر من نقطة جذب اليها على الجانب الواحد من خط سكونه الى النقطة القصوى المقابلة التي يصل اليها على الجانب الاخر ورجوعه الى النقطة الاولى ايضاً. وقد تحقق ان وقت الاهتزاز المزدوج الذي هو عبارة عن اجزاء من ثانية من الوقت يوجد بالعبارة الآتية. لتكن ط طول الوتر عقداً وث ثقل عقدة من الوتر وش ثقلاً يساوي قوة الشدّوج بين سقوط الجسم - ١٩٢ عقدة ووقت الاهتزاز المزدوج الذي هو عبارة عن اجزاء ثانية. ثم و - ط  $\left( \frac{ش}{ث} \right)^{\frac{٢}{٣}}$  - ط  $\left( \frac{ش}{١٩٢} \right)^{\frac{٢}{٣}}$

ولما كان بعد الوتر من موقع سكونه لا يجعل فرقاً في العبارة الجبرية لوقت الاهتزاز المزدوج فهذا الوقت مستقل عن البعد لان اهتزازات وتر مربوط من طرفيه تتم في اوقات متساوية سواء كان طول الاهتزازات اعظم او اقل كما ان وقت حركة رقاص في اقواس صغيرة لا يختلف باختلافها. وذلك يتضح من انه بزيادة بعد الوتر عن موقع سكونه يزيد شدّة فتريد سرعته وباقترايه اليه يقل شدّة فتقل سرعته. ومن حيث ان السرعة تزداد بازدياد البعد وتقل بنقصائه فيوافق العقل الحكم بمساواة الوقت. ولذلك اذا ثر على الاوتار بقوة قوية حتى يكون طول الاهتزاز المزدوج اعظم تملو درجة الصوت لان علوها يتوقف على زيادة السرعة كما مر وانما تزيد كثافته التي يراد بها في اصطلاح الموسيقين زيادة وضوحه للاذن وخشونته لاعلوّ درجته. وعلى تساوي اوقات الاهتزاز يتوقف بقاء اللحن. ودليلاً ان

اختلاف ثخن وتر في اجزاء من طوله اذ كان يجعل اوقات الاهتزازات غير متساوية يصير الصوت مخلوطاً ومختلفاً وكل ما يزيل مساواة الوقت في اهتزازات معينة لوتر تحصل منه هذه النتيجة . وهذا الناموس قد وجد انه يجري على سائر انواع الاصوات الموسيقية

٢٨٨ ثم لما كان عدد الاهتزازات في الاوتار في ثانية من الوقت يختلف بالقلب كوقت اهتزازة واحدة يدل عليه قلب العبارة الدالة على الوقت . فاذا جعلنا ع - عدد الاهتزازات تكون ع -  $\frac{1}{\text{ط}} \frac{124}{\text{ش}}$  وسرعة الاهتزازات المدلول عليها بهذه العبارة قد وجد انه مطابق للواقع عند امتحان الاوتار التي اهتزازها بطي لا حتى يمكن ان تعد اهتزازاتها

٢٨٩ انه من هذه العبارة تنضح الحقيقة التي اشرنا اليها سابقاً وهي ان قرار الوتر يختلف باختلاف احد الاشياء الثلاثة وهي طول الخيط وشده وثقله

لانه لما كانت ج او ٩٢ او ٢ في العبارة عددان ثابتان فلاجل النظر الى اختلاف عدد الاهتزازات باختلاف احد الاشياء المذكورة يصح حذفها منها فتصير العبارة ع  $\propto \frac{1}{\text{ط}} \frac{1}{\text{ش}}$  . فاذا بقي الشد وثقل عقدة من الوتر على حالها تكون ع  $\propto \frac{1}{\text{ط}}$  اي ان عدد الاهتزازات يتغير بالقلب كطول الوتر . فاذا ضاعفنا طول الوتر مثلاً يصير القرار نصفاً وبالعكس . واذا بقي الشد والطول على حالها تكون ع  $\propto \frac{1}{\text{ش}}$  اي ان عدد الاهتزازات يتغير بالقلب كجذر ثقل عقدة من الوتر او كجذر ثخنها . فوتر اربعة اضعاف ثقل اخر تكون سرعة اهتزازة نصف سرعة الاخر . واذا بقي الطول وثقل عقدة من الوتر على حالها فتكون ع  $\propto \frac{1}{\text{ش}}$  اي ان عدد الاهتزازات يتغير كتنغير جذر الشد . وعلى ذلك يقتضي ان نجعل وتر القانون اربعة اضعاف اشد مما كان لكي تنضاعف سرعة اهتزازة . ولما كانت درجة علو الصوت تختلف كاختلاف

سرعة الاهتزازات فدرجة القرار تتوقف على الأشياء الثلاثة المذكورة  
 ٢٩٠ ان القضبان والصفائح المعدنية تجري على القاعدة المذكورة  
 للآوتار نفسها اي ان درجة قرارها في الموسيقى تتوقف على احد  
 الثلاثة وهي الطول والثقل او الثخن والشدة. ولما كان الشد  
 متوقف على مرونة المعدن نفسه الطبيعية فلا يختلف الشد في  
 معدن من جنس واحد اذ لا تتغير مرونته وإنما يختلف الشد  
 باختلاف المعدن. ففي معدن واحد اذا يختلف الصوت باختلاف  
 الطول والثخن

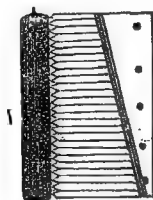
وعلى ذلك قد اخترع آلة تسمى بمقياس القرار وهذه صورتها . وهي آلة  
 من فولاذ ذات شعبتين يجعل طولها بحسب اللزوم شكل ١٥٢  
 لكي تعطي صوت قرار معين اذا انضربت على شيء  
 صلب او كبس على طرفي شعبتيها بالاصابع ليقتربا ثم  
 أفلتما وقربت من الاذن. وسميت بمقياس القرار لكون  
 الموسيقى يلتقط بها صوت القرار المعين لها ومن ثم  
 يتدرج في السلم الطبيعي بصوته الى ان يصل الى القرار  
 المطلوب عند ما يقصد ان يرتل او يغني نغمة يتقدي



فيها بقرار معلوم. وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدني يربط شعبتيه ويحرك  
 عليها حتى يجعلها قصيرتين او طويلتين اذا حرك فيحصل من قرعه قرارات  
 مختلفة بحسب الطول والنصر. وكل ذلك يتضح لك من ( شكل ١٥١ )  
 وبموجب ذلك ايضا قد اخترعت الآلة التي نغني من نفسها . وتنصليها  
 كما ترى في ( شكل ١٥٢ ). فان ب صفيحة من فولاذ او معدن اخر ذات

سنان كالمشط غير ان سنان المشط متساوية طولاً وهذه تختلف في الطول  
فكل سنان أطول من الذي يليه اذا ابتدأنا

شكل ١٥٢



من الأقصر وبالعكس كما ترى وذلك لكي  
تختلف درجة قرار كل منها عن الآخر  
فتحدث صوتاً موسيقياً لأن درجة القرار  
متوقفة على الطول كما تقدم فتعلوا اذا قصر  
وبالعكس . واما افعي اسطوانة من نحاس

او معدن اخر يدبرها دوليب وزنبرك على اسلوب الساعة . وعلى سطح هذه  
الاسطوانة تتوات لفرع سنان المشط ويجعل توقيع هذه التوات مناسباً لفرع  
السنان المفتضية للحن النغمة

والصنائح الرقيقة المعدنية الكائنة في اثقاب ارغن تختلف ايضاً في الطول  
والقصر فتختلف درجة قرارها . وحينما يراد نغمة نغمة عليه ترفع الحواجز  
بواسطة الاصابع عن الاثقاب التي تقتضي الحان النغمة رفع الحواجز عنها  
لمرور الهواء من منفخ الارغن عليها فيكون مشبهاً للمشط في كيفية اصدار  
الصوت

٢٩١ اما الفلوت والشبابة والصفارة وما شاكلها فالذي يحدث فيها  
الاصوات الموسيقية هو اهتزاز العمود من الهواء وتوجه المتضمن في كل منها  
فاذا نفخ على هذا العمود من ثقب يرتفع فيحدث صوتاً . فتكون عواميد الهواء  
كالآوتار والنفخ على هذه كالنقر على تلك . وهي تجري في احداث الصوت  
الموسيقى على القاعدة المذكورة للآوتار نفسها وهي ان علو قرارها او انخفاضه  
يتوقف على احد ثلاثة اشياء وهي الطول والثقل او الثخن والشد غير ان  
الشد هنا يحصل بتقوية النفخ . ودليل ذلك انه كلما قصرنا عمود الهواء  
في الفلوت برفع الاصابع عن الاثقاب يرتفع الصوت . وكلما جعل فراغه اوسع  
مع بقاء الطول والشد ينخفض قراره . واذا شددنا النفخ مع بقاء الطول

والثخن يعلو الثرار. ولما كان عمود الهواء المنحصر في هذه الآلات هو الذي يحدث الصوت الموسيقي وليس الآه فلا يظهر اختلاف جوهري من اختلاف مادتها أو سمك جدرانها. فإذا كان القلوت من مادة معدنية أو خشبية أو غيرها رقيقاً أو سميكاً يحدث صوتاً موسيقياً على حدٍّ سوى. وكل ذلك يظهر من الامتحان بالتنفخ على عقد قصب مفتوحة من طرف واحد. ويجب أن يلاحظ أن عمود الهواء محصوراً من الجانبين أو صفحة معدنية أو وترًا مرتبطاً من الطرفين يعطي صوتاً كصوت نصفه محصوراً أو متصلاً من طرف واحد وسبب ذلك واضح

## الفصل الرابع

### في السلم الموسيقي

٢٩٢ السلم الموسيقي هو ثمانية اصوات متوالية طبيعية تعلو أو تهبط كل منها أعلى من الذي قبله صعوداً وأوطى منه نزولاً. ويقال له أيضاً ديوان أو طبقة أو مرتبة وهذه الاصوات ابراج أو الحان وقد عبر الموسيقيون عن هذه الابراج بثمانية الفاظ يلفظ كل منها عند تصويت البرج الذي جعل اللفظ له وهي

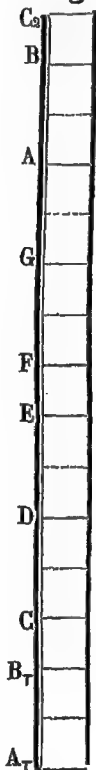
دو	را	مي	فا	سول	لا	ني	دو
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨

والمقصود الآن أن نبحث عما يتعلق بالفلسفة من أمر هذا السلم لأن

استيفاء الكلام في ذلك من متعلقات علم الغناء  
 ٢٩٣ أنه يمكن بواسطة الصناعة ان تصنع آلة موسيقية  
 تغني اصواتا عديدة تعلوا وتهبط بمضروب مشترك كسلسلة  
 هندسية او بفضل مشترك كسلسلة حساية وانما الموسيقيون لا  
 يفعلون ذلك بل يجعلون الآلة تتفق مع اصوات السلم الطبيعي  
 التي يغنيها الانسان لا الآلة. وهذه الاصوات لا تعلوا وتهبط  
 على نسبة هندسية او حسائية بل على نسبة معلومة بحيث تكون  
 طبيعية لذيفة للاذن اذا غنيت الحاناً متوالية

٢٩٤ ان قرار دو الذي هو مبدأ السلم لاثنتين درجة علوه  
 بل يجوز ان يكون من اي علو كان ومنه يرتقي الى باقي اصوات  
 السلم. غير انه اذا ابتدئ به بصوت عال فقد يقصر مغنيه عن  
 الوصول الى نهاية السلم. وقد وجد بالامتحان انه اذا جعل الوتر  
 بصوت القرار دو في قانون او آلة اخرى واحداً فالثانية اوتار  
 لكي تتفق مع صوت السلم تكون اطوالها على هذا الترتيب  $\frac{1}{1} \frac{1}{2} \frac{1}{3} \frac{1}{4}$   
 $\frac{1}{5} \frac{1}{6} \frac{1}{7} \frac{1}{8}$ . ويقال للصوت الذي يجعله كل الوتر المدلول  
 عليه بواحد مفتاح وللاصوات التي تليه الثاني والثالث الخ  
 بالتتابع. ثم لما كان عدد الاهتزازات وبالنتيجة علو الصوت  
 بالقلب كطول الوتر فاذا قلبت هذه الكسور تدل على ابراج كل

طبقة فتعرف نسبة بعضها الى بعض فاذا كان البرج الاول واحداً  
تكون الثمانية ابراج هكذا  $1/1 \ 2/2 \ 3/3 \ 4/4 \ 5/5 \ 6/6 \ 7/7 \ 8/8$ . واذا جعلنا الاول  
٢٤ لكي نزول الكسور وابقينا النسبة الكائنة بين الابراج يدل  
على الثمانية بهذه الاعداد وهي ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ شكل ١٥٤



٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨. فيكون الفرق بين الاول  
والثاني وبين الثاني والثالث وبين السابع  
والثامن ٢ وبين الثالث والرابع ٢ وبين الرابع  
والخامس وبين الخامس والسادس ٤ وبين  
السادس والسابع ٥ اذا جعلنا البرج الاول  
الذي هو واحد ٢ جزءاً اي انه اذا اهتز الوتر  
الاول ٢٤ في لحظة من الوقت يهتز الثاني ٢٧  
في لحظة تساوي تلك وهم جراً. فيكون مناسباً  
ان يرسم المراتل مستطيلاً او خطاً طويلاً يقسمه  
الى ثمانية اقسام كل منها فوق الذي قبله نسبتها  
بعضها الى بعض كنسبة الاعداد المرفومة. ولكون  
كل من هذه الاصوات اعلى من الذي قبله شبيهت  
بدرجات وسميت الثمانية اصوات معاً السلم  
الموسيقي الطبيعي. ولكي يعتهد الموسيقيون من

الافرنج على سلم معلوم عام عينوا للحان سلم معين هذه الحروف  
 الافرنجية السبعة  $A B C D E F G$  . واجوبتها وقراراتها التالية  
 يدل عليها بهذه الحروف نفسها باعداد تكتب عن يمينها لكي تميزها  
 عنها فجواب  $A$  التالي يكتب هكذا  $A_1$  وجواب الجواب هكذا  $A_2$   
 وقرار  $A$  التالي يكتب هكذا  $A_1$  وهم جراً أو السلم الاعنيادي الطبيعي  
 يكون اوله  $D$  وعند  $C$  وثانيه را عند  $D$  الخ . وقد قسموا مسافات  
 درجات السلم الى انصاف درجات الا الدرجات بين مي وفا  
 وبين في ودو لصغر المسافتين طبعاً . وذلك لكي يتبدأ بالسلم من  
 اي درجة تراد ويجعل نصف فسحة بين مي وفا وبين في ودو  
 حيثاً وقعاً . وكل ذلك يتضح لك من النظر الى السلم المدلول  
 عليه في ( شكل ١٥٤ )

٢٩٥ ثم من ملاحظة سلسلة الاعداد المرقومة بظهران  
 البرج الثامن ضعف الاول في العلو فتنفق اهتزازات الواحد مع  
 اهتزازات الاخر في كل لحظة اي اذا اهتز وتر الاول اهتزازة واحدة  
 في لحظة يهتز وتر الثاني اثنتين في لحظة مثلها فاذا نفرنا على الاثنين  
 معاً يتفقان في كل لحظة . وهنا نرى سبب كون اجتماعها في الالات  
 او في الصوت الانساني يظرب الاذن او الانتقال من احدها  
 للآخر كذلك وهذا ما يسميه ارباب فن الغناء بموافقة الاصوات .



وقد سمي موسيقى العرب البرج الثامن جواباً للاول لهذا السبب  
عينه وسموا الاول قراراً لكونهم بعد الانتقال منه الى ابراج معلومة  
رجعوا وقرؤا عليه اذ استحسنوا ذلك في كل انغامهم. واذا اراد المغني  
ان ينقل في الصوت بعد نهاية السلم فيغني سلماً آخر تجري نسبة الابراج  
الى بعضها مجرى النسبة الاولى. غير ان الابراج في الرتبة الثانية والفروق  
بين كل اثنين متوالين فيها مضاعف ما يقابله من الابراج  
والفروق في الرتبة الاولى ثم في الرتبة الثالثة اربع مرات الاولى وهلم  
جراً. ولكن كل مغنٍ اذا ابتدا باخفض صوت لا يمكنه ان يرتقي  
الى اكثر من رتبتين ولو برجاً واحداً الا بكل عنف. وانما صوت  
النساء يبتدي من الرتبة الثانية لصوت الرجال ويرتقي رتبة اعظم  
من الرتبة الثانية لصوت الرجال فالصوت الانساني لا يرتقي اكثر  
من ثلاث رتب باعتبار الرجال والنساء معاً. ويحسب كل برج  
عند العرب من طبقة قراراً لنظيره من الطبقة التي فوقها والنظير  
جواباً والجواب ضعف القرار ابناً كما سبق

٢٩٦ اما اسماء الابراج لطبقتين عند العرب فهي يكاه عشرين  
عراق رست دو كاه سيكاه جهار كاه نوى حسيني اوج ماهور محير  
بزر كاه ماهوران رمل توني. فالنوى جواب اليكاه والرمل توني جواب  
النوى والحسيني جواب العشرين وهلم جراً. وليست النسبة

بينها نفس النسبة بين ابراج السلم الافرنجي المذكور سابقاً. فجعلوا الفرق بين الاول والثاني الذي فوقه اربعة من اربعة وعشرين يسمونها ارباعاً وكذا بين الرابع والخامس وبين السابع والثامن. وجعلوا بين الثاني والثالث ثلاثة ارباع وكذا بين الثالث والرابع وبين الخامس والسادس وبين السادس والسابع فتكون جملة الجميع اي الفرق بين الاول والثامن اربعة وعشرين ربعاً

والمرجح ان السلم الافرنجي هو الاسهل مراساً لكونه يجري على الاصوات الطبيعية ويمكن ان تنضبط عليه جميع اغاني الشعوب غير ان الذوق العربي يستحسن اغاني العرب على اغاني الافرنج ٢٩٧ انه اذا اجتمع صوتان من برج واحد يحصل اتفاق تام بينها لكون عدد الاهتزازات متساوية في اوقات متساوية فيشتقان في كل اهتزازة واحدة ثم اذا اجتمع البرج الاول الذي هو ذو من الطبقة الاولى مع البرج الثامن الذي هو ذو اول الطبقة الثانية يتوافقان ايضاً بحيث كل اهتزازتين من البرج الاعلى ينتهيان في نهاية اهتزازة واحدة من الادنى. فاذا غنى شخصان كل منهما برجاً بصوتها او على آلة تسمع لها رنة وتستحسن الاذن اجتماعهما. وذلك ناتج عن الاتفاق في اقل عدد من الاهتزازات لانه كلما يهتز البرج الواحد في الرتبة الدنيا اهتزازة

يهتز الاخر اثنتين فيتنفكان في اخر كل اهتزازتين وذلك اقل ما يكون فوق الواحد . ثم ان دو مع سول يتنفكان في كل ثلاث اهتزازات واجتماعها اقل استحساناً عند الاذن من اجتماع البرج الاول مع الثامن وهكذا كلما زاد عدد الاهتزازات التي يتفق عند نهايتها برجان اذا اجتمعا تنقذ الاذن لذة اجتماعها . وكلام كثير بشأن السلم والانغام نعرض عن ذكره لكونه يتعلق بعلم الغناء

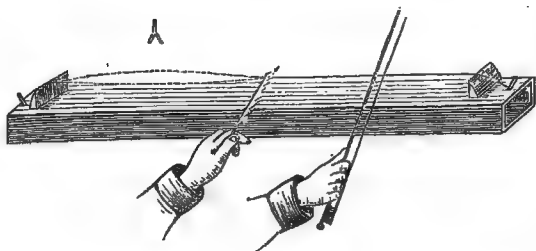
## الفصل الخامس

### في عقد الاهتزاز

٢٩٨ اذا القينا ريشة على منتصف وتر مشدود على خشبة مستطيلة ( شكل ١٥٥ ) وجبرنا قوس كمنجة على نصف واحد منه نسمع جواباً للقرار الذي للوتر من اهتزاز النصف الاخر مزوجاً مع القرار . وذلك دليل على ان النصف الواحد الذي لم تُجر عليه القوس يهتز بذاته . ويظهر ذلك واضحاً بدليل آخر وهو انه اذا وضع راكب مثل رمن ورق احمر على وسط النصف المذكور يهتز ويرتفع . فهذا الوتر قد انقسم عند اهتزازهِ الى قسمين

بعقدة الاهتزاز وهي النقطة حيث تمس الريشة الوتر. وإذا أقيت

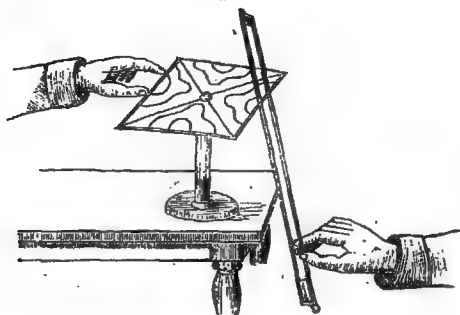
شكل ١٥٥



الريشة على ثلث الوتر وجرت القوس عليه فان الثلثين الباقيين ينقسمان الى قسمين بنقطة عقدة الاهتزاز في منتصف الثلثين. وإذا أقيت على بعد ربع الوتر فالثلثة الارباع الباقية تنقسم الى ثلاثة اقسام متساوية بعقدتين وهلم جرا. ويعرف ذلك من الراكب فانه يهدا عند نقطة الاهتزاز ويقهر بينها.

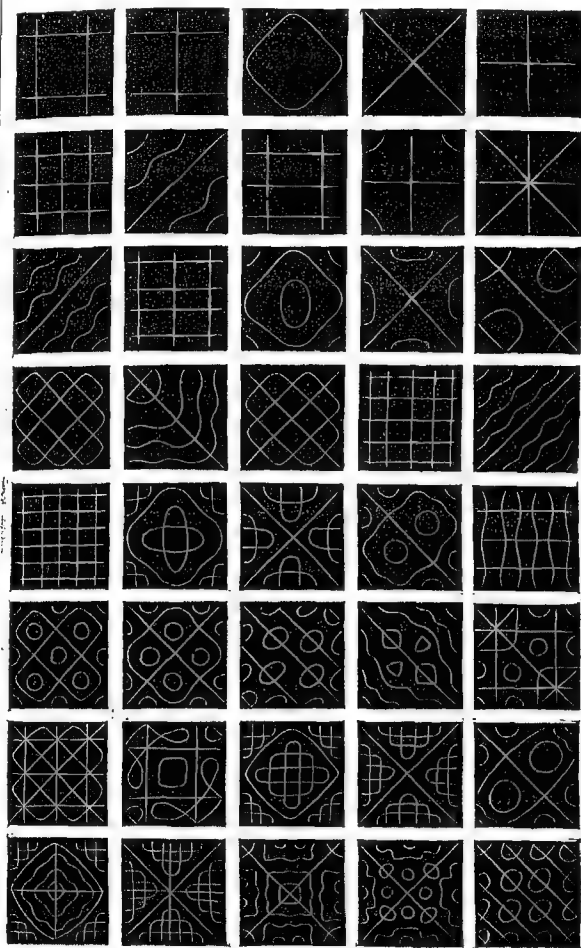
٢٩٩ ثم انه في السطوح المصوّنة تحصل عقد اهتزاز ايضا فاذا وضعنا اليد كما في (شكل ١٥٦) على صفحة من معدن ممكنة على عمود عند مركزها مرشوش عليها رمل وجردنا قوسا على حرفها المقابل للذي عليه اليد فالرمل يجمع حالا الى خطوط منتظمة انتظاما جميلا كما يرى في (شكل ١٥٦) ومنها يستدل على ان السطح المهتز اجزأه الواقعة عند تلك الخطوط مستقرة لانه لم

شكل ١٥٦



ينقل الرمل عنها وقد تطاير مبتعداً عن الاجزاء المهتزة بين الخطوط .  
 وباختلاف وضع الابهام والسبابة على الصفحة تختلف خطوط  
 الرمل وتفصل اجزاء مختلفة من سطحها وتحصل من ذلك صور  
 شتى متنوعة . والخطوط التي تفصل بين تلك الاجزاء تسمى  
 الخطوط العقدية . وهنا نضع بعض اشكالها

شكل ١٥٧



# الباب السابع

في الكهربية وفيه مقدمة وتسعة عشر فصلاً

## المقدمة

في تاريخ معرفة الكهربية

٢٠٠ الكهربية قسم من الفلسفة يبحث فيه عن الكهربية وهي سبيل خفي كامن في جميع الاجسام يظهر على بعضها كالكهربية بالفرك أكثر مما يظهر على البعض الآخر. ويعرف وجوده من مفاعيله كجذب اجسام صغيرة خفيفة كالهباء والخيوط الدقيقة وكهزة الاجسام الحيوانية وغير ذلك. وقبل الشروع في البحث عن هذا الموضوع يحسن ان نلتمت قليلاً الى تاريخ معرفة السبيل الكهربي عند الطبيعيين فنقول. ان اول من قيل انه لاحظ الكهربية المليتي الذي نشأ سنة ٦٠٠ ق م ونسبته الى مفاعيل حيوان خفي. وتيوفراستوس المورخ الطبيعي الذي نشأ سنة ٢٠٠ ق م يذكر حجر ايسى لينكور يوم وانه له خصائص الجاذبية كالكهربية.

فيظهر ان فلاسفة اليونان القدماء كانوا يعرفون هذه الحقيقة وهي ان الكهرباء اذا فُرِكت تصير لها خاصية جذب الاجسام الخفيفة ولم يكتشفوا ذلك في غير الكهرباء مع انه توجد في غيرها هذه الخاصية كما سيأتي. ولكن هذه القوة ظهرت اولاً في الكهرباء سميت بالكهربائية. والظاهر انه لم يعرف اكثر من ذلك عن السبال الكهربائي عند القدماء ولم يضاف الى ما عرفوه شيئاً مدة ١٩ جيلاً الى ان قام المعلم كلبرت فيلسوف انكليزي سنة ١٦٠٠ ق م واشهر تاليفاً في المغناطيس حاوياً ايضاً ملاحظات عديدة عن الكهرباء. وانما لم يعرف المعلم المذكور شيئاً عن افعالها سوى المجاذبية. ومن ذلك الوقت الى اواخر الجيل السادس عشر لم يزد شي عِداً عليه على معرفة كلبرت في الكهرباء الا قليلاً حتى فتحت مدرسة كلية في باريس وعُقدت الجمعية الرويلية (اي المتبعة) للعلوم في لندن. ومن ثم صارت عند العلماء غير فائقة لاتمام تجربات فلسفية. فاكتشف العلامة بويل الانكليزي الذي ظهر سنة ١٦٧٠ عدة حقائق مفيدة في الكهرباء. والفيلسوف اوطو كيوريكي النمساوي المعاصر لبويل والمخترع طلبها الهواء اصطنع آلة الكهرباء الاولى اذا استعمل كرة من كبريت عوض اسطوانة الزجاج المستعملة الآن



وانما الستون سنة الاولى من الجيل الثامن عشر هي السنون التي فيها صارت أكثر الاكتشافات. وكان الاعظم اشتهاراً في ذلك كراي في انكلترا ودوفاي في فرنسا وفرانكلن في اميركا. وكل من هؤلاء اكتشف عدة امور مهمة تتعلق بالكهربائية. وكل من الاخيرين اختلف مذهباً عن الآخر في هذا الشأن. وقد اختلف علماء هذا الفن في اتباع مذهبيها فمنهم من ذهب مذهب الاول ومنهم من ذهب مذهب الثاني

## الفصل الاول

في اصطلاحات كهربائية وبعض انواع الالكترومتر

٣٠١ ان فعل الكهربائية الذي يستدل منه غالباً على وجودها هو الجذب. فاذا فركت انبوبة من زجاج بقماش ناشف من الحرير او الصوف تكتسب خاصية جذب الاجسام الخفيفة اليها كالقطن والريش الخفيف وغير ذلك. فاذا اظهر جسم بالفرك وجود الكهربائية فيه بعلامات الجذب وغيرها يقال انه قد نهيج. واذا اخذ الجسم السيل الكهربائي من جسم مكهرب

يقال انه قد تكهرب. ثم من حيث أنه يوجد اختلاف عظيم في  
 الاجسام بالنظر الى قوة نقل الكهرباء تقسم كل الاجسام الى  
 قسمين موصلة وغير موصلة. فالموصلة هي الاجسام التي يمر فيها  
 السيل الكهربائي بسهولة كالحديد والماء. وغير الموصلة هي  
 الاجسام التي السيل الكهربائي إما لا يمر فيها مطلقاً او يجتاز فيها  
 بطيئاً جداً كالزجاج والخشب الجاف وسياتي الكلام عليها.  
 والتي من النوع الثاني تسمى ايضاً اجسام كهربائية لانه بواسطة  
 فركها تنهيج غالباً الكهرباء. ويقال ان الجسم المكهرب قد  
 انفصل حيناً يكون قد اتصل باجسام اخر غير موصلة حتى تمتنع  
 كهربائته عن الهرب. والآلة المستعملة لاجل اكتشاف  
 الكهرباء او اعتبار مقاديرها تسمى الكترومتر اى مقياس  
 الكهرباء

شكل ١٥٨



٢٠٣ الكترومتر الرقاص. هذه الآلة التي  
 ترى في (شكل ١٥٨) تسمى الكترومتر الرقاص.  
 وهي مركبة من كرة صغيرة خفيفة من لب السيسبان  
 موصلة للكهربائية معلقة بخيط غير موصل من الحرير  
 وذلك الخيط مربوط بصنارة من قضيب زجاج ملوي  
 من اعلاه كما في (شكل ١٥٨) فاذا قُرِبت انبوبة

زجاج بعد ان تكون فركت بحرير ناشف من كرة اللب فالكرة تجذب اولاً  
 ثم تندفع بسرعة. واذا جعلت الانبوبة تمس كرتين معلقتين بالتداول وقربت

الكرة الواحدة من الاخرى تدافعان

٣٠٣ الكترومتر ورق الذهب . من انواع الالكترومتر ايضا ما

يسمى الكترومتر ورق الذهب كما يدل عليه شكل ١٥٩



(شكل ١٥٩) وهو مولف من رقتين رقيقتين جدا

من ذهب معلقتين بغطاء معدني لثينة زجاج

منفصلتين احدهما عن الاخرى بواسطة الهواء .

والكهربائية والحالة هذه تحمل اليها بسهولة بتقريب

جسم مكهرب من الغطاء غندب . فاقتراب الجسم المكهرب يجعل الورقتين ان

تبتاعدا وان تنفاربا اذا كانتا مبتعدتين سابقا بنوع اخر من الكهربائية

بوجب القوانين التي سنبينها

٣٠٤ ميزان القتل . هذه الالة اخترعها العلامة كولب وهي تنوق

سائر انواع الالكترومتر في تحقيق قياس قوات الكهربائية الطفيفة . وقد

استخدم المخترع المرقوم هذه الالة في المباحث الدقيقة عن غوامض نواميس

الكهربائية فوضح بها عدة حقائق باستمحانات مدققة وسترى شكلها

اذا نعلق بشرطة رقيقة طويلة ثقل فمرونة فتلها قوة لطيفة جدا

فاستخدامها لقياس قوات اخر ضعيفة يكون بغاية المناسبة . وقد عرف بالاختبار

انه اذا قُتِلت شريطة كهذه في زوايا مختلفة فتوة القتل تختلف كزاوية القتل

ولذلك تقاس بها وقياسها قياس القوة الموازنة لها . فالتوصل اذ ذاك الى

قياس القوة التي توازن قوة القتل امر سهل

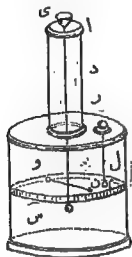
اما ميزان القتل فيدل عليه ( شكل ١٦٠ ) . فان ابرة اللك ن ومعلقة

بشرطة دقيقة متصلة بمسكة صغيرة مدملكة الراس مركزة في وسط القرص

ي ثابتة فيه على اعلى الانبوبة د . وهذا القرص محيطة مقسوم الى درجات

وهو متقل يدار عند الارادة بادارة المسكة بين الابهام والسبابة ولكن قوة

شكل ١٦٠



الفرك تبقى ثابتاً مع دوران ابرة اللك اذ لا  
تؤثر فيها قوة الفتل . وعند طرف ابرة اللك  
قرص صغير من رق نحاس ن بجانبه كرة  
مذهبة م متصلة بالمسكة بواسطة القضيب  
الزجاجي ل المتقل المعلق عند ر بالغطاء  
الزجاجي للوعاء الاسطواني الزجاجي ب ح  
الذي ترتكز على غطاءه ايضاً الانبوبة د وحول  
الوعاء الاسطواني الدائرة س في سطح الأبرة مقسومة الى درجات تقابل  
درجات ي وصفرها عند م وصفرى عند ا حيث يوضع مدقق

٢٠٥ من هذه الآلة يتبرهن بالتجربة ان قوة الكهرباء تختلف

بالقلب كربع البعد

ليرتب ميزان الفتل ( شكل ١٦٠ ) بادارة مسكة القرص ي حتى يمس  
القرص ن الكرة م ويقع عند صفر اذ تكون الشريطة على حالها الطبيعي غير  
مفتولة وصفرى عند صفر المدقق ايضاً . وليوثق بامتلاء كهربائي  
طفيف على م بتفريها من موصل الة كهربائية فبعد ان تتكهرب ن من  
كهربائية م تدفع الثانية الاولى وتجعلها بعد خطوات قليلة ان تستقر عند  
بعد معلوم نفرضه  $٢٦^\circ$  مثلاً . ثم لندار الدائرة ي في الجهة المتقابلة حتى نصير  
الابرة عند بعد  $١٨^\circ$  من الكرة م . فنرى انه لكي نصير الابرة عند هذا البعد  
قد اقتضى الامر ان يبعد الصفر عن المدقق  $١٢٦^\circ$  . ولانه بين الصفر والمدقق  
 $١٢٦^\circ$  على الدائرة ي ويبين الصفر  $١٨^\circ$  على الدائرة س وقد كان  
الصفر على الصفر فكل زاوية الفتل مجعها تكون  $١٤٤^\circ$  وهي قياس القوة  
عند  $١٨^\circ$  وذلك قيمة اربعة اضعاف الزاوية  $٢٦^\circ$  فينتج انه على نصف البعد

تصير قوة الكهربية اربعة اضعاف ما كانت على البعد الاصلي . وهكذا يبين انه على ثلث البعد تصير القوة تسعة اضعاف وهلم جرا . فتقوة الكهربية بالقلب كربع البعد

## الفصل الثاني

### في خصائص الكهربية

٣٠٦ انه بمساعدة الالكترومتر نتوصل الى الخصائص الاتية

للكهربية وهي اولاً ان الكهربية تظهر بفرك الاجسام ومع ان الفرك هو الواسطة الاكثر استعمالاً لتنهيج الاجسام فليس هي الواسطة الوحيدة لذلك . فتظهر الكهربية عند تغير الاجسام من حال الى حال كتغيرها من السبولة الى الجھودة ومن البخارية الى التكاثر . وبعض الاجسام تنهيج مجرد الضغط واخري بقاس او انفصال سطوح مختلفة . واكثر التراكيب والتحليلات الكيمائية تكون مصحوبة ايضاً بظهور الكهربية التي يظهر وجودها من مقياس الكهربية . فاذا فركنا قطعة من كهرباء او شمع احمر او مادة اخري راتنجية برقعة من صوف او فرو او حرير وفربناها من الالكترومتر تظهر اشارات الكهربية . وانبوبة زجاج تنهيج ايضاً على هذا الاسلوب . واذا قربنا الانبوبة المهيمة الى الوجه فتكون ملاستها مشابهة للماسة نسيج العنكبوت . واذا هيئت الانبوبة نهيجاً قوياً تظهر شرارة مصحوبة بصوت الطقطقة اذا قربت من عقدة الاصبع . وطلحية من ورق ابيض اذا نشئت اولاً على النار ثم وضعت على مائدة وفركت بالصمغ الهندي الذي يقال

له عند العامة لسنيك تهيج جدًا حتى تلتصق بجائط او بسطح اخر قربت اليه . وفي احوال كثيرة تنجح الكهرباء عن الفرق حتى انه في طقس صاف يظهر السيل بكثرة عند ما تبرز الثياب فتجذب الهباء الرفيع العائم في الهواء تنبيه . قد قررنا ان الكهرباء تحصل من فرق كل الاجسام على انه لو مسكنا في يدنا مادة معدنية كصفحة من نحاس او حديد مثلاً وفركناها فلا نشعر بادي علامة تدل على نهيج كهربائي . وانما في حال كهذه الكهرباء يمنع تجمعها بداعي كون المادة موصلاً جيداً فيجعل السيل الى اليد ولكون اليد موصلاً جيداً يجناز السيل عليها حالاً فلا يظهر له اثر . ولكن اذا فصلنا جسماً معدنياً او مادة اخرى موصلة ففركها حينئذ تعطي علامات الكهرباء كاجسام اخر كهربائية

٢٠٧ ثانياً الكهرباء نوعان زجاجية وراتنجية فالاولى تظهر بتنهيج الزجاج او اجسام اخر يظهر عليها هذا النوع والثانية بتنهيج المواد الراتنجية وخالقها . ويقال ايضاً للاولى ايجابية وللأخرى سلبية

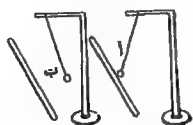
وأخلف في ايضاح كيفيتها فذهب المعلم دوفي ان افعال الكهرباء تنسب الى قوتي سيلين كل منها يتنازع عن الآخر ويخترقان كل الاجسام . وان هذين السيلين يكونان مزوجين في الاجسام غير المكهربة واحدهما يحق قوة الآخر . وانه بتفريق السيلين تتكهرب الاجسام وباتحادها ثانية تنفرغ الكهرباء او يبطل كونها مهيجة . اما مذهب فرانكلن فوان افعال الكهرباء ناتجة عن قوة سيل واحد يخترق كل الاجسام ويوجد فيها طبيعياً بحالة الموازنة . وانه بزوال هذه الموازنة فقط يصير تكهرب الاجسام وبرد الموازنة تنفرغ الكهرباء او يبطل نهيج الاجسام . فتكهرب الجسم يكون بوجود كمية

من السيل فيه أكثر أو أقل من كميته الطبيعية وعلى الأول يتكهرب إيجاباً وعلى الثاني يتكهرب سلباً . فالكهربية الموجبة إذا أكتايت عن وفور السيل والسالبة عن نقصائه . ولا تعرض الآن الى البحث عن أيها هو المرجح الى ان نذكر افعال الكهربية لكي يكون للتلميذ اساسٌ يبنى عليه حكمة من هذا القليل

٢٠٨ ثالثاً الجسمان اللذان يتكهربان من نوعين مختلفين من الكهربية يتجاذبان واللذان يتكهربان من نوع واحد يتدافعان

فإذا تكهريت كرة من لب السيسبان او كوكبة من قطن بتقريبها من انبوبة زجاج تجذب اليها ولا تكون جنس كهربية كلٍ منها ينافي الاخر . ثم اذا تكهربان من جنس واحد وهو الكهربية الزجاجية تندفع حالاً ككرة اللب عن الانبوبة وعن سائر الاجسام المكتسبة هذا النوع من الكهربية اذ تجذب بكهربية الشمع الاحمر او سائر الاجسام التي تظهر الكهربية الرابضة

واذا مسكت خصلة من شعر رفيع من الطرف الواحد وبرشت ببرش جاف من الطرف الاخر فخصلة الشعر تتكهرب وكل شعرة منها تدفع الاخرى . ومثل ذلك كرتان من لب او جسمان اخران خفيفان منفصلان يتدافعان اذا تكهريا من نوع واحد ويتجاذبان اذا تكهريا من نوعين مختلفين . ويتضح ذلك من النظر الى ( شكل ١٦١ )



فان كرة اللب تدنو من انبوبة الزجاج المفروكة برقعة من صوف او حرير كما يرى عند اثم بعد ذلك تندفع عنها بسرعة كما يرى عند ب . واذا قُرب الى الكرة الصغيرة بعد ان تكون

اخذت الكهربية الزجاجية جسم راتنجي مهيج تجذب اليه  
ومن ذلك يسهل علينا ان نتحقق نوع الكهربية على جسم مكهرب ان  
كانت زجاجية او راتنجية . لانه اذ يكون قد تكهرب الالكترومتر بزجاجة  
مهيجة فكل الاجسام المهيجة حينئذ التي تجذب الكرة تكون كهربية راتنجية  
والتي تدفعها كهربية زجاجية

٢٠٩ رابعاً نوعاً الكهربية المذكوران سابقاً في القضية  
الثالثة يحصلان عند الفرك في وقت واحد النوع الواحد في  
الجسم المفروك والآخر في الفارك

اذا فركنا انبوبة زجاج مثلاً بقماش من صوف او حرير يتكهرب الزجاج  
ايجاباً والقماش سلباً . وهذا الحكم صحيحٌ عموماً ولكن نوع الكهربية الذي  
يكتسبه كل جسم يتوقف على المادة التي يفرك عليها . فاذا فركنا قماش  
صوف جاف على زجاج مالمس يكتسب الاول الراتنجية والثاني الزجاجية  
ولكن اذا فركنا القماش المذكور على زجاج خشن يتكهرب ايجاباً اذ يتكهرب  
الزجاج سلباً ولاجل صحة الامتحان يقتضي ان القماش ينفصل بمسكة من زجاج .  
والقائمة الآتية تحتوي عدداً من المواد الكهربية مرتبة على اسلوب انه اذا  
فركت واحدة منها على اخرى فايتهما قبل الاخرى في هذه القائمة تتكهرب  
ايجاباً والاخرى تتكهرب سلباً

١	فرواھر	٦	الورق
٢	الزجاج المالمس	٧	الحرير
٣	قماش الصوف	٨	صمغ البنیان
٤	الریش	٩	الزجاج الخشن
٥	الخشب	١٠	الكبريت



فاذا فرك فروهر على كل من الاجسام المذكورة في هذه القائمة يكتسب  
الكهربائية الزجاجية واما الكبريت فياخذ دائماً الكهرباء الراتنجية. والريش  
يصير سلباً اذا فرك على فروهر او الزجاج الاملس او قماش الصوف وايجاباً  
اذا فرك على الخشب او الورق او الحرير او صمغ البنيان او الزجاج المخشن  
او الكبريت وهلم جرا

٢١٠ خامساً الكهرباء تجناز على بعض الاجسام التي تسمى  
موصلة باعظم سهولة وعلى خلافها التي تسمى فاصلة باعظم صعوبة  
اولاً تكاد تجناز فيها والاجسام الاخر لها قوة للاتصال بين كليهما  
المعادن والفحم والماء وكل السوائل ما عدا الزيوت في موصلات  
جيدة. والشمع العسلي والشحم الذائبان ايضاً موصلان جيدان. ولكن اذا  
كان هذان جامدين فهما موصلان رديتان. والزجاج والراتنج والصمغ  
والشمع الاحمر والحرير والكبريت والحجارة الكريمة والاكاسيد وفي مركبات  
الاسكيمين مع مواد اخر وكل الغازات في فاصلة اوردية الاتصال جداً. وهواء  
الجلد اذا كان جافاً هو اقل فاصل ولكنه يصير موصلاً اما بصبرونه رطباً  
او متلفناً. والسيال الكهربائي يمتزج الخلاء الذي يحصل بالالة المفرغة  
او بانوبة طورسلي بسهولة. وقد زعم بعضهم ان الكهرباء لا تجناز خلاء تاماً  
وعندم ان فراغ طورسلي غير تام كفراغ الالة المفرغة

٢١١ ثم ان قوات الاتصال لاكثر الاجسام تختلف باختلاف درجة  
الحرارة وايضاً باختلاف الهيئة فالماء في حالته الطبيعية موصل جيد ولكن قوة  
ايصاله تزداد بالحرارة وتنقص بالبرودة. والبخار والجليد كل منهما اقل  
قوة للاتصال من الماء الصافي. والجليد تحت درجة  $13^{\circ}$  ف يصير كهربائياً  
او غير موصل بدرجة اتم. والثلج اذا كان بارداً او جافاً فهو موصل ردي.

وفي مدة نوء الثلج الجاف يصير الهواء غالباً كهربائياً وكذلك الجسم نفسه قد تختلف قوته في الايصال باختلاف حالته او تركيبه الكهربائي . مثالة العصا الخضراء موصلة وانما العصا المشوية المجافة غير موصلة والفحم موصل ولكن الرماد غير موصل ٢١٢ وعند الحصر لانعرف جسماً غير موصل للكهربائية مطلقاً . وكذلك لا يوجد جنم قوة الايصال فيه تامة . والقائمة الآتية يظهر فيها ترتيب قوة الايصال للاجسام اذ كان ترتيب وضعها بحسب ذلك

الاجسام الموصلة	الاجسام الفاصلة
المعادن	صمغ البنيان او اللك والكهرباء والراتنج
الفحم	الكبريت
البلاجين	الشمع
الفحم المسحوق	الدهن
الماء الصافي	الزجاج والجواهر والحجارة الكريمة
الثلج	الخزير والصوف
النباتات الحية	الشعر والريش
الحيوانات الحية	هواء الجلد الجاف وغازات اخر
اللبيب والدخان والبخار	الخشب المشوي
الهواء الرطب	الصمغ الهندي او المطاط

اما المعادن فائمتها واقلها تاكسداً هو الاحسن كالذهب والبلاتين . واما الفحم فاحسنه ما يستخلص من الحطب الصلب كالسندجان المحرق جيداً . اما البلاجين فهو نوع من المعادن وهو المعروف بالرصاص الاسود الذي تصنع منه اقلام الرصاص . واما الثلج فهو موصل جيد عند ما يكون رطباً وردي ثم عندما يكون جافاً

ولاجل الحفظ في الدهن والتذكّار نقول ان المعادن والماء وكلّ المواد الرطبة والحيوانية كجسم الانسان والارض نفسها هي موصلة وانما الهواء الجاف وكلّ المواد الراتنجية والزجاجية هي فاصلة . وهذه المواد الاخيرة هي المعول عليها في عمل الامتحانات بالالات الكهربائية

٢١٢ سادساً قوة الفصل تختلف باختلاف حالة الجلد

والمواد المستعملة فواصل

فلا نرى كيف يتيسر حصر السيال الكهربائي لاجل تجمعهم لو كان الهواء موصلًا . على انه اذا كان رطبًا فليس يميّز للفصل . فالالات الكهربائية اذا لا تشغل جيتاً في طقس ممطر او ذي سحب او ضباب ما لم تُشَفَّ رطوبة الهواء تشيئاً صناعياً بجمعية غرفة ضابطة بواسطة نار حتى تصير في درجة عالية من الحرارة

صمغ البنيان وهو المعروف باللك المسحوب خيطاً دقيقاً هو اتم فاصل . وبالنسبة الى خيط الحرير قوّة عشرة اضعاف قوة الثاني في منع فقدان السيال . وانما خيط الحرير اذا كان جافاً تماماً هو من احسن الفواصل وحيث يقصد التدقيق يستعمل سلك من حرير خام اي غير مبيض . وقوّة في الاتصال تختلف نوعاً باختلاف لونه فالاسود هو الادنى والاصفر الذهبي هو اللون الاحسن للفصل . والزجاج يستعمل كثيراً فاصلاً وخصوصاً حينما يقتضي الامر قوة عظيمة كما في قوائم انواع مختلفة من الات الكهربائية . على ان الزجاج قابل لاكتساب الرطوبة على سطحه التي تقلل خاصية فصله وينزل هذا المخدور بتليسه الدهون من خارج . والشعر الرفيع هو مادة جيدة ومناسبة للفصل في بعض الاحوال . وفي بعض الاحوال يحتاج الى خيوط موصلة فيستعمل حينئذ شرائط دقيقة من فضة او خيطان كنان تنفع قبل في مذوّب الملح وتجنّف

٣١٤ سابعاً اذا تكهرب جسم فالكهربائية تستقر على سطحه  
اذ تلتف عليه كغطاء رقيق. وتميل الى الهرب عنه حالما تجد مهرباً  
على جسم موصل

ان اول من بين ذلك بالامتحان العلامة كولمب. فرکز كرة من نحاس على  
فاصل من زجاج كما برى في (شكل ١٦٢) شكل ١٦٢



ثم اعد نصفي كرة من نحاس مجوفين ينطبقان  
على الكرة الاولى وفصلها بمسكي زجاج واذ  
طبقتها عليها قُرب هذه الآلة الى جسم مكهرب

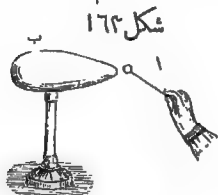
وملاها من الكهرباء. ثم بعد إبعادها عنه فرّق حالاً بين نصفي الكرة  
وقُرب كلاً منها على حدة الى الالكترومتر فوجد أنّ كليهما قد تكهرب. ثم كرّر  
العمل وقُرب الكرة منه فلم يجد عليها اثر الكهرباء بل كانت معدومة بالكليّة  
فبنزع الغطاء الخارج عن الجسم قد زال كل جوهر من الكهرباء. فتبين من  
ذلك ان الكهرباء كانت كلها على السطح

ولنا دليل آخر على صحة هذه القضية وهو انه اذا لامس جسماً مكهرباً  
كرتان من معدن واحد ومقدار واحد احدهما مصمتة والاخرى فارغة يتبلى  
كل منهما بكمية من السيل الكهربائي تساوي كمية الآخر. فلو كان السيل  
بلاً كل المادة الداخلة لتكربت المصمتة اكثر من الفارغة

٣١٥ ثامناً توزيع الكهرباء على سطوح الاجسام يتوقف  
على هيئتها. فاذا كان الجسم كروياً فالسيل يتوزع عليه بالتساوي  
واذا كان الجسم مستطيلاً مروساً تجتمع الكهرباء على راسه المروس  
اكثر مما على اماكن اخرى من سطحه. وبالاجمال كلما زاد تحدب

سطح الجسم اى قرب الى الترويس يزداد تجمع الكهرباء عليه حتى تصير قابلة للانفلات . وهذا دليل على ان الكهرباء تميل الى التجمع على الاجزاء المروسة من الاجسام او السير الى جهتها والانفلات عنها

وذلك يتضح من النظر الى هذا الشكل فان ب هو جسم موصل للكهربائية



كالنحاس منفصل بعود من زجاج مرئى عليه . واقضيب من شمع احمر على رأسه ورقة مستديرة مبطنة بذهب او خلاصه يسمى سطح اليان . فاذا قُرب ا من اى نقطة كانت على

سطح كرة من نحاس مفصولة بزجاج كفصل ب ثم قُرب من كرة لب السيسبان للالكترومتر المرسوم في رقم ٢٠٨ يرى ان قوة الكهربائية متساوية عند كل النقط من سطح الجسم اذ يكون فعلها على كرة اللب واحداً ابداً . ولكن اذا قُرب ا من الجسم ب المستطيل المروّس في اجزاء مختلفة من سطحه يظهر ان فعل الكهرباء على كرة اللب مختلف وذلك ليس الا لاختلاف كمية السيل الكهربي على الاماكن المختلفة من سطح ب . وان الكهرباء تتجمع عند رأسه المروّس كما مرّ

ان القضايا المذكورة سابقاً يتبين اكثرها بواسطة جمع الكهرباء بتهييج اجسام كهربائية بيانياً ظاهراً ولكن لاجل ايضاحها باجلى بيان وخصوصاً لاجل ايضاح القضيتين السابعة والثامنة اللتين تقتضيان كمية وافرة من الكهرباء لاجل ايضاحها بالانتحان قد اصطنعوا آلات كبيرة لاجل جمع كمية وافرة من هذا السيل وسياتي بيانها .

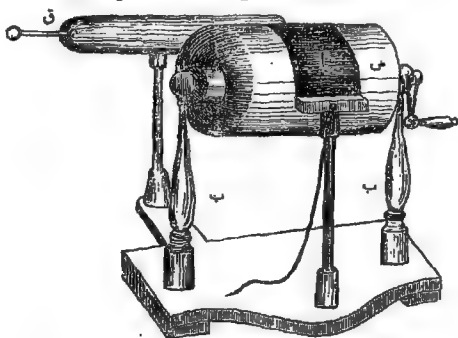
## الفصل الثالث

في الآلة الكهربائية وظواهر الكهربائية بها

٢١٦ القصد في الآلة الكهربائية انما هو جمع الكهرباء. ومن  
الالات ما يجمع الكهرباء بالفرك وفيها كلامنا الان وما يجمعها  
بواسطة اخرى وسياتي الكلام عليها . والاولى تصنع من اشكال  
كثيرة مختلفة لا حاجة لذكر جميعها وسنذكر شكلين منها هما اقواها  
وافضلها . الاولى ما يقال لها ذات الاسطوانة والثانية ما يقال لها  
ذات القرص

فالآلة ذات الاسطوانة تُرى في (شكل ١٦٤). والاجزاء الخصوصية التي

شكل ١٦٤



تتركب منها هي الاسطوانة والقوائم والفارص والموصل الاعظم . فالاسطوانة س هي

من زجاج قطرها من ثماني قراريط الى اثني عشر وطولها من اثني عشر الى اربعة وعشرين قيراطاً . ويتقضي ان تكون اسطوانة تامة الاستدارة والآ فلا يكبس الفارك او الحشية على كل سطح الاسطوانة . ويتقضي ان تكون ملمساء بقدر ما يمكن لان الزجاج الخشن هو موصل نوعاً والزجاج الاملس فقط هو المناسب لجمع الكهرباء الموجبة . ويتقضي ان تترك الاسطوانة على الخشب جالسة مستقيمة بحيث تدور بدون ان ترتجح لان الارتجاج يمنع دوام ملاستها للفارك . والقائمان ب ب مصنوعان من خشب ويتقضي ان يكون الخشب صلباً يابساً جداً وان يُشوى بالفرن وان يلبس بعد ذلك بدھون الفريش . والنصد في كل ذلك تقليل قوته للاتصال فيمنع فقدان الكهرباء من الاسطوانة . ويحسن ان تكون هذه القوائم من زجاج اذا لم تكن صعبة في ذلك ولا يخشى كسرها . اما الفارك ا ويقال له ايضاً الحشية فصنوع من حشية جلد محشية بشعر . وهو مغطى بفماش حرير اسود له هذب يمتد من الحشية فوق الاسطوانة الى بعد قيراط من النقط التي تقابل سنان الموصل الاعظم الذي ستكلم عنه . والفارك يدهن بمزيج من الزبيق والتوتيا والقصدير يقال له ملغم وقد عُرِفَ بالامتحان انه يجعل هيجاً كهربائياً قوياً جداً اذا فُركَ به على الزجاج . ويُفصل الفارك بوضعه على عمود من زجاج مصمت ويجعل ملتصقاً بالاسطوانة التماسقاً محكمًا بواسطة زنبرك يكبس عليه برغي

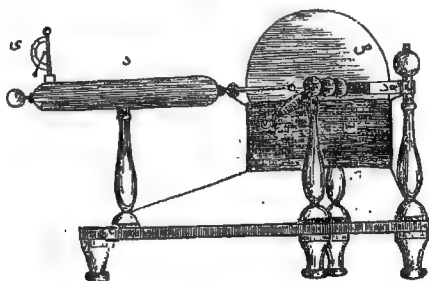
٢١٧ اما كيفية عمل الملغم فهي ان يؤخذ اوقيتان من التوتيا ولوقية واحدة من القصدير وست اواق زبيق من الاواق الطيبة . وتذوّب التوتيا والقصدير معاً ويصبأ في هاون يكون قد أُحْيَ قليلاً لكي لا يجمد فيه المعدنان المذوبان بغتة . وبعد ما يصبان يفتضي ان يُقْتَلَا بالزبيق حالاً بمدقة الهاون وفي مدة التحريك يضاف زبيق ويدام التحريك حتي يبرد المزيج ويصير كالعجين . ثم يضاف اليه قليل من شحم الخنزير لكي يجعل رخاوة مناسبة غير انه قبل مزجه

يجب ان يستعمل قليلاً ويستعمل منه كمية قليلة. وفي ايام الصيف يقتضي ان يستعمل كمية اقل من الزئبق

٢١٨ اما الموصل الاعظم د فهو اسطوانة نحاسية تكون غالباً فارغة وذلك لان الكهربية تستقر على السطوح فلا داعي لاصطناع مصمتاً ثقيلاً ولها طرفان مستدبران كنصفي كرة. وفي مركزه على عمود مصمت من زجاج ذي قاعدة متسعة مصنوعة من خشب ثقيل لكي تبقى ثابتاً. ويدخل في طرف الاسطوانة قضيب من معدن مثل ق في راسه كرة من نحاس. وفي طرفه الآخر القريب من الزجاج قضيب معدن في راسه سنان معدن لا يرى في الشكل لاختلاف الكهربية عن الزجاج

تنبيه. انه لا مضرورة في اصطناع آلة كهربية ان تكون كل اجزائها ملبسة خالية من التلوث المروسة والحروف الحادة التي من شأنها ان تبدد السيال لانه يجمع عليها اكثر مما على السطوح القليلة التحديق ويهرب عنها (رقم ٢١٥). ولهذا السبب نفسه يقتضي ان تكون الآلة خالية من الغبار الذي من شأنه ان يبدد الكهربية ايضاً كالرؤوس والتلوث

٢١٩ اما الآلة ذات القرص فهي مركبة من قرص من زجاج ص طول شكل ١٦٥



قطره من ثمانى عشرة عتدة الى اربع وعشرين او اكثر يُدار عمودياً على سطح



الافق على محور يمر في مركزه كما في (شكل ١٦٥). وقوائمها مصنوعة من مواد كالمصنوعة منها قوائم الآلة ذات الاسطوانة. وهذه الآلة لها فاركان على جانبيها احدهما س س على الجانب الذي يقابله لاجل تهيج القرص المذكور بالفرك عليه عند ادارته وقد يكتفى بفارك واحد. والموصل الاعظم د هو اسطوانة نحاسية يدخل فيها قضيب لثة سنان تقابل قرص الزجاج ورووسها قريبة منه جداً لكي تاخذ الكهرباء عند ادارة القرص وتهيج. ولاجل جمع الكهرباء بكثرة قد يُعمل قضيبان احدهما يقابل السطح الواحد والاخر السطح على الجانب الثاني متصلان بالموصل. والارجح انه لافرق يشعر به بين قوة ذات القرص وقوة ذات الاسطوانة في جمع الكهرباء غير ان الثانية اقل كلفة من الاولى واقل خطراً من ان تنكسر وانسب للاستعمال

٢٢٠ اما خواص الآلة الكهربائية فتدرك مما مر عن انبوبة الزجاج. ولا فرق بينها الآن الآلة التي تحصل بها كمية وافرة من الكهرباء لاجل اظهار تجربات كثيرة تقتضي ذلك وبواسطة فرك الفارك على اسطوانة الزجاج ان على القرص تظهر الكهرباء فتُرسل حالاً الى الموصل الاعظم ويمكن ان تؤخذ من الموصل الاعظم بعقدة الاصبع او مادة اخرى موصلة. واذا بقي الزجاج والفارك كلاهما منفصلين عن الارض فكمية الكهرباء التي تحصل منها تفرغ حالاً. ولذلك يغلق بالفارك سلسلة نحاس او معدن اخر تتدلى الى مائدة او الى ارض البيت فتوصل كمية من السيال لا تفرغ الى الفارك. وفي بعض الاحوال حيث يقتضي جمع كمية وافرة من الكهرباء تتدلى السلسلة المعدنية رأساً الى الارض

٢٢١ انه لكي يدل على درجة التهيج في الموصل الاعظم يجعل عليه الكنترومتر الربع كما يدل عليه في رسم الآلة الاسطوانة عند ي (شكل ١٦٥). وهذا الكنترومتر مصنوع من نصف دائرة تكون غالباً من عاج مقسومة الى درجات ودقائق من صفر الى ١٨٠° والانقسام يتبدى من اسفل القوس وما

يقال له دليل الالكترومتر مصنوع من قشة تحرك حول مركز الدائرة حاملة في طرفها كرة صغيرة من اللب والحامل لنصف الدائرة عمود من نحاس او مادة اخرى موصلة كما ترى . فحينما يكون الدليل عمودياً على سطح الافق لا تكون الكهربائية موجودة وانما اذا تكرب الموصل الاعظم يعطي من نوع كهربائية للدليل فيدفعه ويرفعه على المقياس الى نحو زاوية  $40^\circ$  او الى حيث يكون قائماً على عمود المعدن . ولا يخفى ان الدليل لا يرتفع ابداً الى اعلى من  $40^\circ$  اذ يكون الراس المستدير في اعلى العمود قد تكرب بدرجة الموصل الاعظم ويدفع الدليل بقوة متساوية لقوة الموصل الاعظم . وبعض الاحيان حيث يكون راس العمود صغيراً تنفلت عنه الكهربائية كراس مروس فتغلب كهربائية الموصل الاعظم وتدفع الدليل الى اعلى من  $40^\circ$  . ثم لا يقتضي ان يظن ان الزاوية التي يرتفع الدليل فيقف عندها تعتبر القياس الحقيقي للقوة الدافعة . بل لكي نعرف هذه القوة حقيقة يقتضي ان يقسم قوس الالكترومتر الى اقواس مماثلتها على سلسلة حساسية

٢٢٢ ولما كانت الآلات الكهربائية ثمينة ولا يحصلها الذي يدرس بنفسه دائماً بسهولة يحسن ان نشير له الى طريقة بها يصنع آلة رخيصة . فيمكن ان يشتري قنبلة زجاج كبيرة من عند الصيدلاني ويجعلها اسطوانة ويغري لوحين من خشب على طرفيها ويدخل في مركز اللوحة التي تلي القنطرة من عصا يجعل راسها كرة صغيرة طرفاً للحمور ويدخل الجزء من الحمور المتصل بالمسكة في مركز غطاء الخشب الذي يلي راس القنبلة . واذا أُعدت على الاسلوب المذكور يمكن الفجار ان يركبها على خشب صلب جاف . ويمكن السنكري ان يصنع الموصل الاعظم وعدة لوازم اخرات ذكرها . والفناني والمخناجر المستطيلة الرفيعة تصلح ان تكون فواصل ويصنع لها الملمع كما مر . والتلامذة الجياد الذين يدرسون الكهربائية غالباً يسلمون نفوسهم باصطناع

آلات على هذه الصفة. وبعضها يكون صالحاً لتجرباتٍ يستخدمُ لها اعظم الآلات  
وانتمها

٢٢٣ اذا كانت الة كهربائية كاملة الاتقان وتشتغل جيداً فبادارتها تحيط  
دوائر من نور حول الاسطوانة او القرص ومحاري من نور تصدر من الحشية  
وبنية اجزاء الآلة بغزارة ودوائر النور تتألف من شرارات كهربائية تنفجر ما  
بين السطح المهيّج والبارك . واذا كانت مسرعة في مرورها تظهر كخط متصل  
مثل خط لقضيب أشعل طرفه وأدير في الهواء . فجاري النور نصحب مجرى  
السبيل الكهربائي الذي ينفلت بسهولة من الرؤوس والحروف الحادة

٢٢٤ ولتقدم لذكر بعض ظواهر الكهربائية التي تظهر بواسطة الآلة  
الكهربائية مقتصرين الآن على الالتفات الى الامتحانات التي تتعلق بالجذب  
والدفع ومجرى الشرار تاركين ما يتعلق بالنور والحرارة الذي سيأتي الكلام  
بشأنه . والظواهر الآتي ذكرها تلاحظ من آلة معتدلة القوة . ومن القضايا  
السابقة نتضح للتلميذ اسبابها

(١) اذا أديرنا الآلة ومسكت ريشة خفيفة او كوكبة قطن معلقة بمحيط  
موصل كحيط من كتان او قطن تجذب بشدة الى نحو السطح المهيّج . ويحسن ان  
تقوى قوة الايصال في حيط الكتان او القطن بترطيبه بخار التنفس  
(٢) اذا تعلقت شلة من خيطان او خصلة من شعر بالموصل الاعظم يظهر  
فيها تدافع قوي بين الخيطان او الشعر . ففتيلة القنديل تصلح جيداً لهذا  
الامتحان

(٣) اذا كان الكنترومتر الربع في الآلة يمكن ان نمتحن قوات الايصال  
في مواد مختلفة بسهولة . فاذا قرب قضيب من حديد ممسوك باليد من الموصل  
يجعل دليل الالكنترومتر يسقط حالاً ويظهر هذا الفعل نفسه من قريب  
اي قضيب معدني كان . وقضيب من خشب من ذات المقدار يجعل الدليل

ينزل باكثر ابطاء. وقصيب من زجاج لا يكاد ينزله. وهذه الامتحانات يظهر ان الحديد موصل تام وان الخشب موصل غير تام وان الزجاج فاصل. وعلى هذا الاسلوب تنضح قوة الفصل لتقصيب شمع احمر او خصلة من حرير او صوف او اجسام اخر مختلفة

(٤) اذا قُدِّمت من الموصل الاعظم كرة من لب السيسبان او ريشة او جسم آخر خفيف مربوط بخيط من حرير تجذب اولاً ثم تندفع ولا تعود تلامس الموصل الكهربائي حتي تنفرغ كهربائيتها باتصالها بالاصبع او موصل ما غير مكهرب

(٥) ان وُضِع اجسام خفيفة بين موصل مكهرب وجسم غير منفصل تحرك بسرعة شديدة الى الورا والامام من سطح الى اخر اذ تجذب وتندفع بالتبادل من السطح المكهرب. وبهذه الوسطة تتم رقصات الكهربائية ودق الاجراس وامتحانات اخر ملذذة ومبهجة كما سيأتي

(٦) اذا انفصل الفارك ينفذ الالة وانصل الموصل الاعظم بالارض بواسطة سلسلة معدنية يرى ان نوع كهربائية الفارك يختلف عن نوع كهربائية الاسطوانة الزجاجية او القرص. والاجسام تتكهرب ايجاباً باتصالها بالزجاج وبواسطة الموصل الاعظم وسلباً باتصالها بالفارك اذ يكون منفصلاً والموصل الاعظم غير منفصل

(٧) الجسم المكهرب له ميل ان ينجزاً الى اجزاء دقيقة اذ تكون هذه الاجزاء قد اكتسبت قوة التدافع. فكوكة من قطن مكهربة تنفرق الى خيوطها الدقيقة جداً. والشمع الاحمر الذائب اذا قرب من الموصل الاعظم بواسطة ينقسم الى خيوط رفيعة تشبه الصوف الاحمر. والماء الذي ينقط من انبوبة شعرية كالمص عند تكهربها يجري الى خارج بعدة مجاري رفيعة جداً. والماء المتفرغ بضغط الهواء ينقسم الى خيوط دقيقة ايضاً اذ يرى على هيئة برش

(٨) الجزء من الهواء المكهرب بداعي التدافع بين دقائقه يتدد واذ يكون له فرصة للهرب يتلطف وعند ذلك يتحرك بموجب مبدأ تحرك الهواء كما تقدم. هذا ما يظهر من نتائج الامتحانات على الآلة الكهربائية وإما امتحانات النور والحجارة فسياتي الكلام عليها

تنبيه. يراد بفسحة الاتصال فيما ياتي البعد الذي عليه تظهر شرارة كهربائية اذا قرب جسم مكهرب الى اخر يحنوي كهربائية تخالف كهربائته. ويراد بفسحة الفعل البعد الذي تصل اليه قوة جاذبية جسم مكهرب في جهة نهايته وراء فسحة الاتصال بدون ظهور شرارة كهربائية. وفسحة الفعل هي البعد من فسحة الاتصال لان انبوبة من زجاج مهيئة جدًا تظهر قوتها على ورقة الذهب للالكترومتر عن بعد عشرة او عشرين قدمًا مع ان الشرارة البرقية لا تنجاز من الانبوبة الى رأس الالكترومتر الى البعد من عقد قليلة. والكهربائية التي تظهر في جسم قرب الى جسم مهيئ ولم يصل الى فسحة الاتصال اي بدون اخذ شرارة منه يقال انها حصلت بالحل الكهربائي وسياتي الكلام عليه

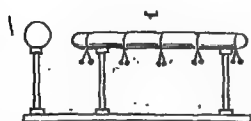
## الفصل الرابع

### في الحل الكهربائي

٢٢٥ اذا انفصل جسم موصل للكهربائية ووضع بالقرب من جسم مكهرب بحيث يكون ضمن فسحة الفعل وابتعد عنه من فسحة الاتصال يتكهرب بتفريق نوعي كهربائته. ويقال حينئذ انه قد

## تكهرب بالحل

فليكن الجسم (شكل ١٦٦) مكهرباً ايجاباً. وليقرب الموصل ب الراكر  
على عواميد فاصلة الى المجيئ يكون ابعد عنه من قسمة الاتصال حتى لا ياخذ  
منه كهربائية فتظهر شرارة وضمن قسمة



الفعل بحيث يظهر فعل كهربائيتيه. فاذا  
علق ازواج من كرات لب السبسان في  
الموصل المذكور احداها في الوسط

والاخرى في اماكن مختلفة على المجانين كما يرى (شكل ١٦٦) فكل من  
الزوجين المعلقين عند الطرفين تتباعد احدى كراته عن الاخرى اكثر من  
سائر الازواج والاخر تتباعد اقل فاقبل كلما اقتربت الى الوسط وهناك لا  
يوجد أثر للكهربائية. ويُعرف من ميزان الفتل ان نصف ب الاقرب الى  
الجسم المكهرب قد تكهرب سلباً والنصف الابعد ايجاباً. واذا اخذت الكهرباء  
من ا ب فقد ب كل دلائل الكهربائية مع انه يبقى منفصلاً. ثم ليتكهرب ا سلباً  
فطرف ب الاقرب يصير ايجاباً والابعد سلباً. والحاصل ان الطرف الاقرب  
الى ا يتلى بنوع كهربائية يخالف نوع كهربائيتيه والطرف الابعد يتكهرب مثله.  
ولا يضاج الحل لنفرض ان ا تكهرب ايجاباً فالسيال الزجاجي اذا عند ا  
يجذب نقيضة اي السيال الراتنجي في ب الى الطرف الاقرب ويدفع النوع  
المائل له اي الزجاجي الى الطرف الابعد. فاذا اُزيل ا او فقد امتلأه الكهربائي  
فالسيالان في ب يعودان بترجان بداعي تجاذبهما فيرجع ب الى حالته  
الطبيعية. وبالعكس لنفرض ا امتلاً بالسيال الراتنجي فحينئذ يجذب الزجاجي  
ويدفع السليبي في الجسم ب وكهربائيتيه تحل ويُفرق احد عنصريها عن الاخر  
بقوة الجذب والدفع التي للكهربائية المنحوية في ا

٢٢٦ ان مبدأ الحل يتضح منه علة جذب الجسم المكهرب ابداً للجسم الخفيف

غير المكهرب. فان الجسم الخفيف يتكهرب اولاً بطريقة الحل اذ يكون الجانب الاقرب مختلف الكهربية والابعد كهربية ماثلة لكهربائية الجسم المكهرب المقرب اليه . فالجانب الاقرب اذاً يجذب والابعد يدفع وحسب ناموس اختلاف الجاذبية بالبعد تكون الجاذبية اعظم من الدفع فيميل الجسم الى القوة العظمية

٢٢٧ ان وجود الهواء في فمحة الفعل المتوسط بين الجسم ا والجسم ب يمنع اتحاد كهربائية ا با تي هي تقيضها على الجسم ب . وذلك لان الهواء اذا كان جافاً فهو فاصل جيد كما مرّ. ولذلك اذا فصلنا بين الجسمين المذكورين بلوح زجاج يظهر الحل الكهربائي ايضاً غير ان فمحة الفعل في الزجاج يمكن ان تكون صغيرة جداً بدون ان يصل احد الجسمين الى فمحة الاتصال ويحصل شرارة . ثم على كلا الحالين اذا صار اتصال بين ب (شكل ١٦٦) والارض بواسطة موصل كسلسلة معدن وتكهرب الجسم ا ايجاباً بكثرة تجمع السالبة من الارض الى جانب الجسم ب الذي يلي ا . وحينئذ اذا وصل بين الجسمين بمادة موصلة كما اذا لمس شخص احدهما باليد الواحدة والاخر باليد الاخرى يحصل هزة كهربائية للجسم . وذلك للحجوم كل من السالين الكثيفين الى جهة الاخر بسرعة ماريين على الجسم الموصل لكي يتحد لشدة ميلها الى ذلك . ومثالة اذا صفحنا لوح زجاج على الجانبين بمعدن تاركين منه حاشية نحو عقدتين لاجل مسكه وكهربنا الجانب الواحد بالآلة ولسنا الجانب الاخر باليد نكثر الموجبة والسالبة على الجانبين فيحصل هزة كهربائية اذا وصل بينهما باليدين وعلى هذا المبدأ قد اصطنعت القنبية اليدنية كاسياتي

## الفصل الخامس

### في القنبينة الليدنية وخصائصها

٣٢٨ القنبينة الليدنية هي قنبينة كبيرة من زجاج مثل ب مغطاة من داخل ومن خارج بقصدير ما عدا فتحة عند اعلاها علوها عقدتان او ثلاثة (شكل ١٦٧). وهذه الفتحة اما متروكة عريانة او ملبسة بفريش او بصفيحة رقيقة جدًا من الشمع الاحمر ملتصقة عليها. وفي

شكل ١٦٧



القنبينة مسدودة سدًا محكمًا بغطاء من خشب صلب مشوي يمر بركزه قضيب معدني عمودي له في راسه فتاحة وفي اسفله سلسلة او شريطة معدنية تستقر على قعر القنبينة او على جانبها بحيث تمس البطانة

الداخلية. فيبتفرق التفاحة الى الموصل الاعظم من آلة كهربائية اذ تكون الآلة مشغلة يمر سلسلة من شرار بين الموصل والقنبينة تضعف رويدًا رويدًا الى ان تلتشى. ويقال حينئذ ان القنبينة قد امتلأت. ثم اذا اخذنا المطلق اذا الشعبتين المعدنيتين المدملكتي الراس المفصول بمسكة من زجاج م وجعلنا الكرة الواحدة تلامس الغشاء الخارج وقرّبنا الاخر الى التفاحة في راس القنبينة يظهر حالاً وميض نور كثيف مصحوب بصوت عالٍ. ثم يبتفرق المطلق ثانية فمر شرارة ضعيفة في فضلة الامتلاء وبعد ذلك لا تعود تظهر علامات لوجود الكهرباء. ويقال حينئذ ان القنبينة قد تفرغت



ولاجل اتمام تجربات مختلفة كتقريب ورقة سميكة او ثقب لوح من زجاج او غير ذلك مرور مجرى كهربائي حيث لا يصلح المطلق المذكور ا قد اصطنعوا آلة اخرى مناسبة لذلك لاجل اطلاق او تفريغ الكهربائية بسهولة المطلق العام. وهذه صورته (شكل ١٦٨).

شكل ١٦٨



فائدة مؤلف من مائدة خشب مرتكز عليها عمودا ا وب. وعند راسي هذين العمودين مفصلان من

نحاس س ود متصل بهما قضيبا نحاس مدملكا الراس لهما مسكنا زجاج. ونحت راسي القضيبين مائدة خشبية صغيرة ي مثبتة على عمود يرتفع او يهبط حسب الاقتضاء بواسطة برغي. اما المائدة الصغيرة المذكورة فقد صنعت لكي توضع عليها المادة التي تتم بها التجربة بين راسي القضيبين ولجل اتصال المجرى الكهربائي للاطلاق او التفريغ يوصل الغشاء الخارج من قفينة ليدن باحد القضيبين بواسطة سلسلة وتفاعلة القفينة بالتضيق الآخر. وهذا المطلق يصلح لتفريغ امتلاء كهربائي ولو كان وافرأ جذا كالا امتلاء الذي يحصل في البطارية الليدنية المركبة من قناني عديدة كما سيأتي

٣٣٩ ان القفينة المذكورة لقيت بالليدنية نسبة الى ليدن احدى مدن هولندا لكونها اكتشفت اولاً هناك. ففي سنة ١٧٤٦ كان فيلسوف بروّض نفسه في ليدن تجربات كهربائية فخطر في باله ان يكهرب كمية من الماء لكي يتمكن هل يتغير طعمه فوضع قليلاً منه في قفينة ثم سدها بقلية وادخل في وسطها شريطاً من معدن يصل الى الماء ثم قرب هذا الشريط الى الآلة الكهربائية ماسكاً القفينة بيد واحدة ولم يشعر بشيء حينئذ وعندما اراد ان يرفع القفينة ليدوق الماء مسكه الشريط في يد اخرى فحدث له هزة كهربائية. قوية جداً اذ صار اتصال بين الماء ويده الاخرى الماسكة القفينة

فجرت الكهربية بقوة شديدة وحدثت هذه الهزة. فاشعر كأنه قد ضرب على ذراعيه وكنفه وصدره ضربة كادت تخطف نفسه وبقي يومين مريضاً من جرى تلك الضربة الزعجة. فقال انه لا يريد ان يعيد العملية فيحصل له هزة ثانية ولو بملك فرانساً كله. ثم بعد ذلك اخذ العلماء يشتغلون ويبحثون عن هذا الامر فوجدوا ان الفينة الليدنية واسطة مفيدة لجمع الكهربية لانه يمكن ان تملأ بكمية من السال الكهربي وتحتفظ تلك الكمية الى وقت لزوم تفريغها. ثم بعد ذلك اخترعوا البطارية الكهربية المولدة من عدة قناني ليدنية لاجل جمع كمية وافرة كما سيأتي. وبعد امتحانات شتى استتجوا ما يأتي

٣٣٠ اولاً. الفينة تملأ بتقريب تفاحتها الى الموصل الاعظم

اذ تكون الآلة مشغلة

وعند ملئها قد تنفرغ احياناً من ذاتها. والارجح ان ذلك يحدث عندما تكون تفاحتها نظيفة وجافة جداً. فلنح حدوئها وترطب التفاحة المذكورة بالتنفس عليها

٣٣١ ثانياً. جانب الفينة المتقابلان كهربيائتها مختلفتان اي

احدهما ايجابية والاخرى سلبية

فاذا قربت كرة من لب السبسان معلقة بخيط حرير الى تفاحة فينة ممتلئة تجذب اليها اولاً ثم تندفع وبعد ذلك تجذبها بطانة الفينة الخارجة حتى تتكرب من نوع كهربيائتها ثم تندفع وهم جراً. وسبب اختلاف كهربيائتها من ان الغشاء الداخل لما يتلى من الكهربية الزجاجية تندفع كهربيائتها التي تماثلها عن الغشاء الخارج وتجذب الراتنجية اليه بموجب مبدأ الجذب الكهربي كما مر. ولذلك يقتضي ان يكون موصل الى الارض كاليد او كسلسلة معدن لكي يكون مر للندفعة والمجذبة فتتكون الراتنجية على الغشاء الخارج واذ لا سبيل

لامتزاجها لوجود الفاصل الزجاجي واحداها تجذب الاخرى تبتيان على  
الغشائين فيبقى الامتلاء مدةً مستطيلة بداعي التجاذب الى ان تبددا في الهواء  
او على الزجاج بسبب وجود الغبار والرطوبة

٣٣٢ ثالثاً. لكي تمتلئ الفنينة يجب ان يكون خارجها غير

منفصل

فاذا ربطنا خيطاً في فتحة قنينة لبدينية وعلقناها في الهواء بحيث نتصل  
بالموصل الاعظم وشغلنا الآلة فلا يصير امتلاء في الفنينة. ويحدث ذات تلك  
النتيجة لو ارتكزت القنينة على عمود من زجاج او انفصلت بمادة اخرى. ويمكن  
ان تملأ ايضاً بمجمل فتاحتها تتصل بالموصل الاجمالي وغشائها الخارج بالفارك  
٣٣٣ رابعاً. يمكن ان تملأ قنينة ثانية باتصالها بالغشاء الخارج

من الاولى اذ تملأ الاولى

الامتلاء الذي يصل الى القنينة الثانية هو من نفس نوع الامتلاء الاول  
ومن نفس درجة كثافته تقريباً بشرط ان تكون سعة القنينة واحدة. وكذلك  
اذا اتصل قنينة ثالثة او رابعة او اي عدد كان من القناني التي هي من مقدار  
واحد بعضها ببعض تمتلئ كل القناني من نوع واحد من الكهربائية غير ان  
درجة كثافتها تتناقص قليلاً في القناني المتوالية. فاذا كان مصدر الامتلاء  
من الاسطوانة او القرص في الآلة الكهربائية ماراً في الموصل الاعظم كما هو  
الغالب فالامتلاء يكون موجباً وزجاجياً وان من الفارك فسلبياً

٣٣٤ خامساً. يمكن ان تمتلئ قنينة سليماً باخذ الكهربائية

من الفارك اذ يكون منفصلاً والموصل الاعظم غير منفصل  
ولهذه الغاية السلسلة التي تربط غالباً بالفارك تُسترسل على الموصل

الاعظم. وايضاً يمكن ان نملأ قنينة سليباً بمسك تفاحتها اذ تاخذ الكهرباء من الموصل الاعظم على الغشاء الخارج. ويفتضي حيثئذ ان لا توضع على الارض بل ان نحلها يد المسك في الهواء او توضع على فاصل ولا يهتز المسك هزّة مزعجة لما لا يخفى

٣٣٥ سادساً. اذا ملئت قنيتان احدهما ايجابياً والاخرى سلبياً وكانتا منفصلتين فاذا جعل اتصال بين الغشائين الداخلين لهما بواسطة الاتصال بين التفاعنين لا يحصل تفريغ مالم يكن موصل بين الغشائين الخارجين

فاذا ملئت قنينة من الموصل الاعظم واخرى من الفارك ووضع الاثنان على بعد بعض عقد احدهما من الاخرى على ارجل فاصلة فباتصال التفاعنين بالمطلق لا ينتج تفريغ. ولكن اذا وصل بين الغشائين الخارجين للقنينة فتقرب المطلق الى التفاعنين ينتج حالاً تفرق قوي وبمحصل تفريغ. وذلك لانه اذا لم يوصل بين الغشائين الخارجين تبقى على كل منها كهربائية وتجذب التي على الداخل فتتممها عن الانطلاق. وبين هاتين القنيتين المذكورتين المتماثلتين امتلاء مختلفاً اذ يوصل بين غشائيهما الخارجين بعدد يمكن ان تصنع تجربة يقال لها تجربة العنكبوتية الكهربائية. وهي ان يعلق تمثال من الفلين شبيه بعنكبوتية بين تفاحيهما فالعنكبوتية تجذب الى تفاحة الواحدة ثم تندفع عنها وتجذب الى الاخرى وتخطر عدة خطرات على هذا الاسلوب لوقت طويل حتي تنفريغ القنيتان ولا تخفى على الفطن معرفة سبب ذلك مما تقدم

٣٣٦ سابعاً. امتلاء كل قنينة يمكن ان يقسم الى اجزاء معينة اي يمكن ان يؤخذ نصفه او ربه او اى جزء آخر منه. وذلك يحصل باتصال الغشاء الداخل والخارج من اخرى غير مكهربة من ذات مقدارها

وسمكها . وتقاس الامتلاءات بالكترومتر الربع  
٢٢٧ ثامناً . الكهربائية تجمع على سطح الزجاج والغشاءان  
هما كموصلان فقط

وهذا يبرهن من النظر الى هذه الحقيقة وهي انه ان كان الغشاءان متقابلين  
حتى يمكن ازالتهما بعد امتلائهما فلا يظهر بينهما بعد الانتقال ادنى علامة لوجود  
الكهربائية مع انه لو وضع مكانها غشاءان آخران غير مكهربين ووصل بين  
الداخل والخارج لحدث التفريغ الاعيادي وذلك يستدل منه ان كل  
الامتلاء كان باقياً محفوظاً على سطوح الزجاج للفنية

٢٢٨ تاسعاً . امتلاء الفنية الليدنية يمكن ان يحفظ لوقتٍ  
مستطيل . وذلك لسبب التجاذب بين الكهربائية الخارجة  
والداخلة

ان الامتلاء يتبدد غالباً بحركة دقائق الغبار او مواد اخر موصلة في  
الهواء بين احد الغشائين والاخر . او بصيرورة الصفيحة الزجاجية المتوسطة  
بينها مرطبة فتفقد بذلك قوة الفصل فبالضرورة الفنية الليدنية تحفظ  
امتلائها في طقس جاف زماناً اطول ما في طقس رطب . وطلي الجزء غير  
المغشى من الفنية بشمع احمر او قرنيز يمنع عن الرطوبة وبالتيجة يمنع سرعة  
تبدد الامتلاء الكهربائي

٢٢٩ عاشراً . لوح زجاج او صفيحة من الهواء او جسم آخر  
كهربائي يمكن ان يملأ كثيراً او قليلاً على كيفية تشبه كيفية امتلاء  
الفنية الليدنية

فإذا غشينا جانبي لوح زجاج بقصدير متروكاً منه فتحة عقدتين غير

مغشاة عند حروفه ثم امسكنا اللوح عند زاوية واحدة منه وقرّبنا عقدة الاصبع الى الغشاء الواحد والغشاء الاخر الى الموصل الاعظم فلوح الزجاج يتلى ويمكن تفرّغه بتقريب راسي المطلق الى الغشائين المعدنيين المتقابلين . وصفيحة من هواء يمكن ان نملأ ايضاً على كيفية ملء صفيحة الزجاج غير انه لما كان الهواء يسهل تحريكه بالكهربائية بداعي سهولة دقائه يجب ان تستعمل لذلك صفيحة منه اسمك من الزجاج . اما طريقة تجربة ذلك فهي بان يؤخذ دائرتان من خشب نامتا الاستدارة مصفحتان بقصدير قطرها من قدمين الى اربعة . وتوضع احدى اللوحين على شيء موصل الى الارض وتعلق الاخرى فوقها بتجريد من حرير بالسقف بحيث تكون متوازية لها وعلى علو عقدة او نصف عقدة منها . واما اللوحة العليا المنفصلة اذ تتصل بالآلة كهربائية نصير الصفيحة من الهواء بين اللوحين ممثلة وتسبب هزة اذا لمست في وقت واحد باليدين . غير ان الهزة المسببة عن الهواء في هذه الحال هي اقل قوة جداً من المسببة عن سطح مستو لزجاج مصفّح لان بعد الغشائين هنا اعظم جدّاً والفاصل بينها اقل قوّة للفصل فلا تظهر والحالة هذه قوة تفرّغ الكهرباء الا عندما تكون الآلة مشغولة . واذا لم يفرغ الامتلاء يحدث اصوات في الهواء المتوسط ما دام تكهرب الدائرة العليا باقية

٣٤٠ حادي عشر . اذا مسك لوح زجاج ملبس بقصدير

او بعدن آخر عمودياً على سطح الافق وحرّاهُ الاعلى والاسفل موازيان للافق معلّقاً فيه عند اعلى الغشائين خيطان على الجانبين متقابلان وكهرب بشارة من الموصل الاعظم يرتفع كلا الخيطين جاعلين زاويتين متساويتين بينها وبين سطح الزجاج . ثم اذا قرّب موصل كعقدة الاصبع الى احد الغشائين يهبط الخيط حالاً

على ذلك الجانب اذ تزداد زاوية ارتفاع الآخر حتى تبقى الزاويتان  
بين الخيطين كمية متساوية ابداً

فان الكهربائيتين المتجمعتين احدهما على الغشاء الواحد والاخرى على  
الغشاء الاخر فهجان بسرعة شديدة احدهما الى الاخرى حالما يتسرهما موصل  
يجمع بينهما لكي يمتزجا لشدة ميلها الى الامتزاج وعند ذلك يحدث فرقة قوية  
٢٤١ ثاني عشر. ننفخ قنينة بعد امتلائها بحسب ما ذكر  
بتقريب كرني المطلق احدهما الى تفاحة القنينة والاخرى الى  
العشاء الخارج منها او بواسطة موصل اخر كاليدنين

## الفصل السادس

### في البطارية الليدنية

٢٤٢ قد اشرنا في القضية الرابعة في الكلام على القنينة  
الكهربائية انه اذا اتصل عدة قناني بالتتابع والتي تملأ بالكهربائية  
اولاً بان يوصل بين تفاحة الملائنة وتفاحة التي تليها وبين تفاحة  
هذه والتي تليها الخ والاعشبة الخارجة بعضها ببعض وبالأرض  
بواسطة سلسلة من معدن تملأ كل القناني من نوع السيل  
الكهربائي الذي ملئت منه الاولى. فاذا اصطنع صندوق منفصل

موضوع ضمنه عدة قناني ليدنية على الاسلوب المذكور فتلك الآلة  
تُسمى بالبطارية الكهربائية وقد نتصل الاغشية الخارجة للقناني  
بعضها ببعض بواسطة القصدير المبطن به الصندوق المذكور.  
ويستعمل من هذه القناني غالباً اربع الى اثنتي عشرة في بطارية  
واحدة. والقصد في ذلك تكثير الامتلاء الكهربائي عند الاحتياج  
اليه لاجل التجربات او غاية اخرى. فنرى ان البطارية الكهربائية  
تجري على مبدأ القنبنة الليدنية تماماً ولا تفرق عنها الا بتكثير عدد  
القناني. ولذلك لا نحتاج الى تكرار الشرح لايضاهاها فكلما قيل  
في القنبنة الليدنية يطابق مبدأ البطارية

ان طريقة تفريغ البطارية هو كتفريغ القنبنة اي بالجمع بين الزجاجية  
والراتنجية او السالبة والموجبة بموصل كما مرّ وبما ان الامتلاء فيها يكون جسيماً  
لكثرة القناني فتفريغها يكون مصحوباً بصوت قوي كصوت صاعقة وادا  
كان عدد القناني فيها وافراً فقد يكون كافياً لقتل الحيوان ولتذويب  
شرايط معدن ومفاعيل أخر تشبه مفاعيل الصاعقة. فليحذر من ضررها



## الفصل السابع

### في بعض تجربات كهربائية

٣٤٣ انه بواسطة الآلة الكهربائية والقنبلة الليدنية يمكن إتمام جملة تجربات كهربائية مسلية مبهجة. منها اعطاء الهزة الكهربائية لعدد غفير من الناس على الكنبية الآتية. وهي ان يمسك الشخص الواحد بيد الآخر ويصطفوا حلقة ثم تشغل الآلة ويجمع بين السلبية والموجبة بواسطة اتصال بين الاثنين في طرفي الصف الحثي احدها يمسك موصلاً الى السلبية والاخر يمسك الايجابية. وذلك يحصل بمسك الواحد سلسلة الفاراك والاخر بتقريب يده او موصلاً اخر معدنياً ممسكه بيده الى طرف الموصل الاعظم. فالسالبة والموجبة تدور احدها الى الاخرى بسرعة لكي تلتفيا وتمتجا فيحصل هزة كهربائية وتلك الهزة تكون قوة فعلها بحسب مقدار الامتلاء. واذا جمعنا بين السالبة والموجبة من امتلاء قنبلة ليدنية حتى تجنازا في الحلقة المذكورة بان يمسك احد الشخصين المشار اليها القنبلة بيده على الغشاء الخارج والاخر يمس تفاحتها تحصل هزة للحلقة ولا يجوز تفريغ امتلاء بطارية قوية لانها هذه التجربة او يحصل ضرر عظيم يستلزم تلاشي الحياة

٣٤٤ ومنها تقريب راس تمثال صغير مغطى بشعر طويل الى الموصل الاعظم لآلة كهربائية. فلتدافع الاجسام التي تكثرت من نوع واحد يقف الشعر منتصباً ويحمل لراس التمثال هيئة مرعبة. وذلك يظهر ايضاً بوضع شخص على كرسي منفصل عن الارض بقوائم من زجاج وتسيكه بيده موصلاً

يلامس الموصل الاعظم عند تدوير الآلة فيتباعد الشعر ويقف في كل الجهات  
٢٤٥ ومنها اذا وُضع تماثيل صغيرة مصنوعة

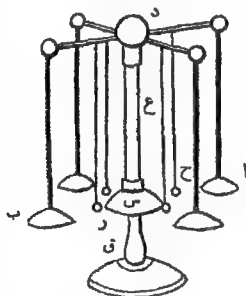
شكل ١٦٩



من لب السيسبان بين قرصين معدنيين احدهما  
معلق بالموصل الاعظم بواسطة سلسلة معدنية على  
موازاة الافق والآخر تحته متصلاً بالارض وهو  
الذي توضع عليه التماثيل كما في (شكل ١٦٩).  
فعند تشغيل الآلة ترقص التماثيل رقصةً مجيئةً اذا  
تجذب وتدفع بالتناول ولا يخفى سبب ذلك ما مرَّ

٢٤٦ ومنها دق الاجراس الكهربائية. وهي اجراس معلقة بسلاسل كما في هذا  
الشكل فالجرسان اوب على الجانبين معلقان بسلسلتين على قضيب معدني ولكن  
الوسط من منفصل عن الكرة المعدنية بواسطة العمود الزجاجي ع ومتصل  
بالارض بواسطة القائمة ق والمطرقتان

شكل ١٧٠

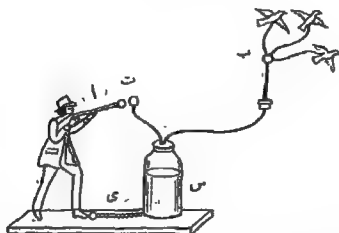


ح وسر معلقتان بمخيطين من حرير وهكنا  
يقال في الجرسين الآخرين في الشكل.  
فعند تشغيل الآلة اذا تكون د موصولة  
بالموصل الاعظم يتكرب الجرسان على  
الطرفين ايجاباً واما الوسط المنفصل  
عن الموصل الاعظم فيصير سلبياً بالحل  
الكهربائي. والمطرقتان الصغيرتان بين

الاجراس تجذب وتدفع بالتناول فتدوم الاجراس تدق ما دامت الآلة مشغلة  
٢٤٧ ومنها تجربة العصافير. وهي ما توضح تفرغ القنينة اليدوية وتفصيلها  
كما يأتي. القنينة س (شكل ١٧١) قضيبها ذو شعبتين بنهاية احدها ب معلق  
اجسام من لب السيسبان مصنوعة على صورة عصافير ونهاية الاخرى فتاحة

ت بواسطة ناخذ القنبلة الامتلاء من الموصل الاعظم . ثم بعد ان تمتلئ توضع على كرسي مفصول بقوائم زجاج وتفتحها ت قريبة من البارودة المصنوعة من معدن بهيئة بارودة . فالعصا فير المعلقة لانها ممثلة بمجنس واحد من الكهربية

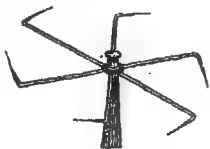
شكل ١٧١



تدافع وتطير بعضها عن بعض كما ترى في الشكل . ثم اذا جعلت السلسلة في المتصلة بخارج القنبلة تمس قدام التمثال المعدني يصير اتصال بين الغشاء الداخل والخارج من القنبلة . ولا بد من حصول فرقة كطاقة بارودة بين اوت والعصا فيراذ تكون قد فقدت كهربائيتها تسقط وتعلق ككها كانت قبل امتلاء القنبلة وحيث يظهر ان العصا فير قد وقعت من الطلقة كما يحدث مع الصياد حفيقة

٣٤٧ ومنها تدوير الدولاب الكهربائي . وهو مؤلف من اربعة اذرع او اكثر

شكل ١٧٢



من معدن ذات رؤوس منحنية الى جهة واحدة كما يرى في (شكل ١٧٢) تتصل بطربوش معدني موضوع على راس ملائ حتى يدور عليه بسهولة . وهذا الملائ يتصل بالموصل الاعظم او قائم على موصل آخر

متصل به . فحينئذ السيل الكهربائي على الاذرع وانفلاته عن رؤوسها المنعكفة عند تشغيل الآلة يدور الدولاب بموجب مبدأ دوران طاحون

باركر الى خلاف جهة انحناء الرؤوس. وهذا الدور لا يدور في خلا وذلك دليل على ان الكهربائية تنفلت عن الرؤوس في الخلا بدون مقاومة

## الفصل الثامن

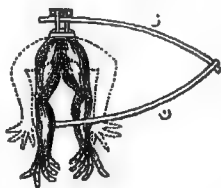
في الكهربائية الكلفانية او القاطائية

٢٤٨ الكهربائية الكلفانية هي المهيجة او الناتجة عن الفعل الكيميائي من مادتين او اكثر غير متشابهتين احدهما تفعل بالآخرى. وتنضخ هذه الكهربائية بتجربة سهلة وهي ان يوضع قطعة من فضة كرياتل مجيدي على اللسان وقطعة من توتيا تحته. فادام المعدنان مفترقين لا يظهر لها تاثير ولكن اذا اتحد طرفاهما معاً يحصل اقشعرار واضح في اللسان وتظهر طعمة معدنية واذا انطبقت العينان يشعران حيثئذ بضوء خفي. وتنسب هذه النتيجة الى فعل كيمياوي يظهر تلك اللحظة التي فيها احد المعدنين يلامس الآخر. فان ريق اللسان يفعل بالتوتيا فعلاً كيمياوياً او يؤكسد جزءاً من التوتيا وذلك يهيج الكهربائية لانه لا يصير عمل كيمياوي بدون ان ينتج كهربائية. فعند ملاسة طرفي المعدنين يمر مجرى خفيف من الواحد الى الآخر. وكذلك اذا وُضع قطعة من لوح

تنك على ظهر سمكة حية او ضفدعة ووُضع تحنها قطعة من توتيا يحدث تشنج في العضلات بمرور مجرى كهربائي حينما يحصل اتصال معدني بين التوتيا والتنك

٢٤٩ ان اول من لاحظ هذا الامر العلامة كلثني الايطالياني معلم التشريح سنة ١٧٩٠. فكان ما نبهه الى ذلك هو انه بعدما شرح عدة ضفادع علق كلاً منها بصنارة من نحاس كي تبقى الى حين لزومها لاجل ابصاح بعض فضايا في فن التشريح فانفق انه علق عدة صنارات من نحاس على درابزون من حديد فلامس الضفادع فتشجّت اعضاءها حيثئذ تشججاً شديداً. وعند الفحص عن هذا الحادث عُرِف ان ملاسة معادن غير متشابهة بسطوح العضلات والاعصاب الرطبة هي العلة الوحيدة لحدوث التشنج ٣٥٠ ويتبين فعل الكهربائية الكلفائية المستغرب بطريقة سهلة. فاذا

شكل ١٧٢



قُطعت ضفدعة عند القطن اعني الففارات التي فوق العجز لكي يكون مكان القطع فوق مكان انتشار الاعصاب كما يبان في هذا الشكل الذي ترى فيه اعصاب السابقين والنخاع الشوكي ثم أخذ الشريطان ن ونر احدهما نحاس والاخر توتيا ووُضع احدهما

تحت الاعصاب والاخر على عضلات الساق ترى انه اذا اتصل المعدنان تشنج حالاً الاطراف السفلى تشججاً شديداً وترج وتتمدد على طريقة مستغربة

ولا تحصل حركة ان لم يتصلا. واذا بقي الشيطان متلامسين يدوم هذا المنظر  
هنية قصيرة ولكنه يتجدد طالما يصير اتصال وانفصال بالتداول  
٢٥١ وقد نسب لكثفي حركات العضلات هذه الى نوع سيال عصبي في  
التركيب الحيواني يشابه السيل الكهربائي يمر من الاعصاب الى العضلات اذ  
يصير اتصال بينها بواسطة اتحاد معدنين كما يحصل التفريغ بين الغشاء  
الداخل والخارج من قنبلة ليدنية . ولذلك سمي السيل المذكور كهربائية  
حيوانية. ثم اخذ العلامة فولطه الفيلسوف الايطالياني بكرر تجربات لكثفي  
فوجد انه لم يحدث تهيج عصبي ما لم يصير اتصال بين العضلات والاعصاب  
بواسطة معدنين مختلفين كالتحاس والحديد او النحاس والتوتيا. فلحظ ان  
الكهربائية تنتج عن مجرد ملامسة معدنين غير متماثلين تصدر من احدها  
الكهربائية الايجابية ومن الاخر السلبية

وبعد ذلك تحقق ان العلة الحقيقية للتهيج الكهربائي المنسبب عن ملامسة  
معدنين غير متماثلين هي فعل كيميائي . ومن الاكتشافات المتأخرة تبين  
انه لا يحدث فعل كيميائي بدون ظهور كهربائية وسميت الكهرباء التي تنتج  
من فعل كيميائي بالكهربائية الكلفائية او الفولطائية اعتبارا لكثفي وفولطه  
الذين اكتشفاها أولا. والقاعدة الاتية انما هي اساس فن الكهرباء الكلفائية  
وهي

اذا اتصل معدنان او جسمان موصلان للكهربائية مختلفان  
يصدر عن ذلك كهربائية بفعل كيميائي فتجري الكهرباء الايجابية  
من المعدن الذي يكون الفعل عليه اقوى اي الذي تؤثر فيه المادة  
المتصل هو بها تأثيرا كيميائيا باعظم سهولة والسلبية من الاخر ويسمى  
المعدن الذي يظهر فيه التأثير الكيميائي بالمعدن الايجابي او

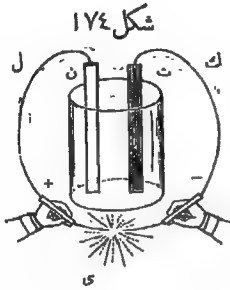
العنصر الايجابي والاخر المعدن السلي وتسمى القوة الكهربائية  
حيثما القوة المتحركة

٢٥٢ اجسام موصلة مختلفة متلامسة تظهر قوات مختلفة او يصدر عنها  
انواع مختلفة من الكهرباء. وسنضعها بالتتابع مرتبة على كيفية يكون فيها كل  
واحد اذا لامس ما بعده ذا سيات ايجابي وما بعده سلي وكلما بعد واحد  
المتلامسين عن الاخر في ترتيب وضعها الذي سترأه تظهر الكهرباء بلامستها  
اقوى. وهذا ترتيب المواد المذكورة

١ التوتيا او الخارصيني	٧ النحاس الاحمر
٢ الرصاص	٨ الفضة
٣ القصدير	٩ الذهب
٤ الاتيمون	١٠ البلاتين
٥ الحديد	١١ الرصاص الاسود او البلاجين
٦ النحاس الاصفر	١٢ الفحم

مثال ذلك اذا تلامس التوتيا والرصاص ينتج عنها مجرى كهربائي سميالة  
الموجب من الاول والسالب من الثاني ولكنها تكون اقل فعلاً جداً من  
النانجة من اتحاد التوتيا مع الحديد او مع النحاس واتحاده مع النحاس اقل  
قوة من اتحاده مع البلاتين او مع الفحم  
فينتج ما تقدم انه لاجل الحصول على كهربائية كلفانية عند الحاجة يلزم  
تركيب ثلاثة موصلات او عناصر مختلفة لا بد ان يكون واحد منها جامداً  
واحد سائلاً اذ يصح ان يكون الثالث اما جامداً او سائلاً

٣٥٢ اذا اتصل معدنان مهيجان للكهربائية بحيث يمكن ان تلتقي الايجابية والسلبية ويحريان في جهتين متقابلتين يقال انه قد تالف منها دائرة كلثائية



مثال ت ون (شكل ١٧٤) صفيحان رقيقتان احدهما من توتيا والاخرى من نحاس احمر مغوستان في اناء زجاجي يحوي على مزيج من الحامض الكبريتيك مقدار واحد ومن الماء اثني عشر مقداراً. فيمكن ان يصير اتصال بين الصفيحتين بشرطيتين مثل ك ول لمخومتين بهما كما

اذا تلامستا عندي وحيثئذ يحصل ما يقال له دائرة كلثائية. فان الكهرباء الموجبة هي الجارية من التوتيا في السائل الى النحاس ومن النحاس على الشريطين الموصلين الى التوتيا كما يدل على المجرى بعلامة الايجاب التي في الشكل. وفي الوقت نفسه يجناز مجرى من الكهرباء السلبية ايضاً من النحاس الى التوتيا على جهة تعاكس الاولى تماماً. واتصال المعدنين يكون غالباً بواسطة شريطين من نحاس كما رايت يقال لنهايتهما اولنهايتي اي موصل اخر يجعل الاتصال القطبتان احدهما القطبة الايجابية وهي نهاية الشريط الحامل الكهرباء الموجبة من النحاس والثانية السلبية وهي نهاية الشريط الحامل الكهرباء من صفيحة التوتيا. ولكن الكهرباء الناتجة من دائرة كلثائية بسيطة كذو هي ضعيفة جداً فلنصعد زيادة القوة الكهربائية بكرر المعدنان والسائل وتصل بعضها ببعض ونجعل دائرة واحدة فتكثر الكهرباء بتكرارها وهذا ما يقال له البطارية الكلفائية

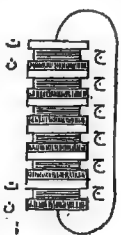


## الفصل التاسع

### في البطارية الكلفانية

٢٥٤ البطارية الكلفانية هي الآلة التي تكرر فيها المواد التي تحصل منها الكهرباء الكلفانية على الاسلوب المار ذكره لاجل زيادة القوة. وهي تستعمل لاجل اعمال تقتضي قوة وافرة او دائمة كتذويب بعض مواد لا تفعل النار فيها او يكون فعلها فيها ضعيفا ولجل تليس بعض مواد بمعادن وغير ذلك كما سيأتي. وانواعها عديدة مختلفة وسنذكر بعضها الذي يحتاج اليها في الاعمال العمومية

رصيف فولطه. وهو الذي اصطنعه المعلم فولطه. فيعد ان اقتنع من تجربة الضفدعة ان علة حصول الكهرباء هي ملاسة المعدنين النحاس والتوتيا عمل رصيفا من توتيا ونحاس احمر وجوخ مبلول على الاسلوب الاتي وبذلك ازدادت الكهرباء جثا. اما كيفية اصطناع رصيف



شكل ١٧٥ فولطه فهي كما في هذا الشكل. فان تدل على اقراص اودوائر من توتيا ون على اقراص من نحاس وج على اقراص من جوخ مبلول بماء الملح وجميعها من مقدار واحد وجميع هذه مرصوفة فوق بعضها النحاس اولاً من اسفل ثم يليه الجوخ المبلول ثم التوتيا والنحاس والجوخ وهلم جرا الى ان يصير الرصيف على علو قدم او اكثر وتجب المحافظة

ابتدأ على الترتيب الاول في كل السلسلة . فان مسستنا القرص الاسفل من الرصيف باصبع مبال من اليد الواحدة والاعلى باصبع من اليد الاخرى يُشعر بهزة اشبه بهزة القنينة الليدنية . فتحصل كهربائية كلفائية في هذا الرصيف حينما نتم الدائرة بالاتصال بين طرفيه بمادة موصلة

٢٥٥ البطارية الحوضية . شكل ١٧٦

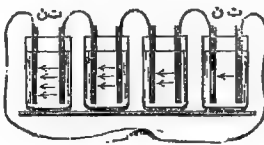


هي ازواج من نحاس وتوتيا منزلة في حوض (شكل ١٧٦)

والنحاس والتوتيا متلامسان . وبين كل زوجين فسمحة قيراط او قيراطين . وهذا الحوض يملأ سائلاً يفعل في التوتيا فعلاً كيميائياً مثل مذوب كبريتات النحاس او حامض كبريتيك مخفف بماء

٢٥٦ بطارية كووس فولطه . هذه الآلة ايضاً اخترعها المعلم المذكور فانه بعد ان صنع تلك اهتم بان يصنع آلة على اسلوب فيها تكون الصفائح المعدنية عوضاً عن ان تُرصف الواحدة فوق الاخرى توضع الواحدة بجانب الاخرى قائمة على سطح الاتق ومقعدة ازواجاً بتالف كل زوج من صفحية توتيا وصفحية نحاس متصلة ببعضها بواسطة قطع معدن مستطيلة . فرأى انه يقتضي لذلك عدة كووس من زجاج تملأ بمزيج من الحامض والملح ويوضع في كل منها صفحية من توتيا وصفحية من نحاس على ترتيب

شكل ١٧٧

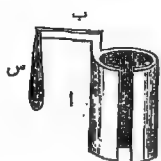


ان صفحية النحاس في الكاس الاولى تتصل بصفحية التوتيا في الكاس الثانية وهم جراً مع ملاحظة حفظ الترتيب المذكور في كل السلسلة .

فان اتصلت الصفحتان عند طرفي السلسلة بشريطين فجرى الكهربية الايجابية يجري على الشريط المتصل بالتوتيا عند الطرف الواحد الى جهة صفحية

النحاس ن في الطرف الآخر (شكل ١٧٧) فتصبح القطبة التي تلي الطرف السليبي موجبة والتي تلي الطرف الايجابي سالبة كما لا يخفى وكلما زاد عدد الكاسات والصفائح زادت بحسب ذلك القوة الكهربائية

شكل ١٧٨



١٥٧ بطارية كروف. وهي كثيرة الاستعمال فان  
١١ في هذا الشكل بدل أن على احدى الاسطوانات  
المركبة منها هذه البطارية . وهي مصنوعة من توتيا  
علوها نحو ثلاث عقد وقطرها نحو عقدتين مكسوة

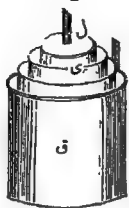
بلمغ من الزئبق ولها ثغرة على الجانب الواحد لكي ينفذ منها السائل . ولها  
ذراع ب خارج منها ملحوم فيه صفحة بلاتين مستطيلة س عرضها نحو عقدة  
وطولها ثلاث بسمك التلك . والاسطوانة التوتيا هذه توضع في كاس زجاج  
تحتوي على الحامض الكبريتيك المخفف بمقدار من الماء يساوي اثني عشر



مقداراً مثله . ويوضع داخلها كاس فخار مسامي اي غير  
مدهون مثل د مملو بحامض نيتريك قوي . فهذه الكاس  
لا تقاوم مجرى الكهرباء الا قليلاً لكون الماء يترشح منها .

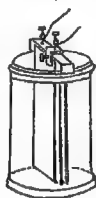
وداخل هذه الكاس تدلى قطعة البلاتين الملحومة في طرف ذراع التوتيا  
الخارج من اسطوانة اخرى . وفي الاخرى تدلى قطعة بلاتين لاسطوانة قبلها  
وهلم جراً . فتكرر الاسطوانات الى ان تصل الى العدد الذي يراد . فانه بكاس  
واحدة يشعر بشرة ضعيفة اذا لامس شريط متصل بالبلاتين بشريط  
يخرج من التوتيا ولكن تزداد القوة بازدياد عدد الكؤوس . فان بطرية كروف  
اذا كانت مركبة من اربع وعشرين كاساً اذ تكون كل اسطوانة توتيا متصلة  
ببلاتين الكاس الثاني فلها قوة عظيمة ونتم بها كل التجربات المطلوبة لايضاح  
مبادئ الكهرباء الفولطائية . ويقال لهذه الكؤوس ازواج حلقات ايضاً  
لوجود معدنين في كل منها

شكل ١٧٩



٣٥٨ بطارية بنصن . وهي تشبه بطارية كروف وتحتوي على اسطوانة من فحم عوضاً عن رق البلاتين . وهذا الشكل يدل عليها حيث اسطوانة التوتيا موضوعة في اناء من زجاج ق وكاس الفخار ذات المسامي داخل التوتيا واسطوانة الفحم مغموسة في الحامض النيتريك المحنوي في ي . وقدرة زيادة عدد الكؤوس في بطارية بنصن تزداد القوة كما في بطاريات اخرى

٣٥٩ بطارية سي . وهي تستعمل غالباً لاجل الطلي . وهي مولفة من صفيحة حديد او فضة ملبسة ببلاتين ومعلقة بين صفيحتين من التوتيا . شكل ١٨٠



ملغمتين بزيقي . والصنائح المذكورة تغمس في وعاء من فحار (شكل ١٨٠) يحنوي على حامض مخفف . ولها قطبتان احدها السلبية وهي المتصلة بالتوتيا والاخرى الايجابية وهي المتصلة بالبلاتين . وستاتي الاشارة الى الطلي بالفضة او الذهب او النحاس

## الفصل العاشر

### في ملاحظات البطارية الفلطائية

٤٦٠ لاجل ملاحظات هذه البطارية خذ صفيحة من التوتيا (شكل ١٨١) عرضها عقدتان وطولها اربع عقد ولتلمغ بغمسها في الحامض الكبريتيك

شكل ١٨١



وفرك مقدار قليل من الزئبق عليها . ثم ضع التوتيا  
الملغصة في كاس زجاج س س تحوي اثني عشر مقداراً  
من الماء ومقداراً من الحامض الكبريتيك يُصبح سطح  
التوتيا مغطى بالوف من فقائيع الغاز الدقيقة . وهذه  
الفقائيع مؤلفة من غاز الهيدروجين الصاعد من انحلال

الماء لان اوكسجينه يتحد مع التوتيا والهيدروجين يلتصق بسطح التوتيا بطريقة  
ميكانيكية . ثم اغمس في السائل صفيحة من النحاس النقي ن من نفس مقدار  
التوتيا ز فلا يحدث فعل ظاهر ما لم يتصل النحاس بالتوتيا بواسطة قضيب  
معدني د وحيثئذ يلاحظ

(١) انه يتطاير من عند النحاس فقائيع من غاز الهيدروجين

ثاني من نحو التوتيا ولا يتطاير غاز من عند التوتيا

(٢) النحاس لا يفعل عليه السائل ولكن التوتيا تتهربى . ثم

يلاحظ ان السائل يحوي على اكسيد التوتيا . فالماء اذن قد انحل

واوكسجينه اتحد بالتوتيا وهيدروجينه انفلت من عند النحاس

(٣) حينما يرفع القضيب د يشعر بشرارة دقيقة

(٤) اذا اتصلت الصفيحتان بواسطة شريط بلاتين رفيع

طوله نصف عقدة يصير الشريط حامياً محمراً

(٥) اذا اتصلت الصفيحتان بقضيب زجاج او مادة اخرى

غير موصلة للكهربائية لا يحصل تأثيرات كهذه . ومن ذلك يستدل

على ان القوة الصادرة هنا هي الكهربائية نفسها

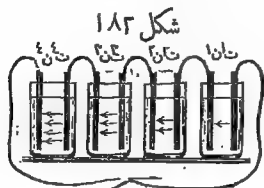
## الفصل الحادي عشر

في الكهربائيتين السالبة والموجبة وقطبتيهما

٣٦١ ان الكهربائية الموجبة او الزجاجية تجري من التوتيا في السائل الى النحاس ومن ثم في الشريط الموصل الى التوتيا ايضا فتكمل دائرة تامة. واما الراتنجية او السليبية فتجري في الجهة المتقابلة اي من النحاس في السائل الى التوتيا ومن ثم الى النحاس وهذا ما يقال له دائرة فلطائية بسيطة. وهذا المجرى الكهربائي صادر عن انحلال الماء واتحاد اوكسجينه بالتوتيا كما مر. ويجري الهيدروجين الى النحاس واما الهيدروجين في بطارية كروف فلا يتطاير من سطح البلاتين كما من سطح النحاس في التجربة المذكورة سابقا بل يمتصه الحامض النيتريك الذي يفقد جزءا من اوكسجينه ومن جرى ذلك يظهر بخار وافر

٣٦٢ ان الكهربائية الفولطائية قد تزداد قوتها الى ما شاء الله اذ تصنع بطارية بتركيب سلسلة مستطيلة من هذه الدوائر بحيث تكون الكهربائية الامجمية الناتجة من كل دائرة تجري الى طرف واحد من

السلسلة والصلبية الى الطرف الاخر. فهذا الشكل يدل على سلسلة من عدة



دوائر وكووس فوطائية بسيطة

متحدة في كل دائرة مؤلفة من توتيا

ونحاس مغنوسيت في حامض ب

مخفف فالكهربائية الموجبة الناتجة

في الدائرة الاولى تجتمع عند ن ومن

ثم تجري على الشريط الموصل الى ت ومن هناك تجاز الى ن. ولكن الكهرباء

تنتج ايضا في الدائرة الثانية والتجمع منها على ن فيجد مع السيلال الاليجائي الذي

قد جاء من الدائرة الاولى. ثم ان كل السيلال الاليجائي التجمع على ن يمر على

الشريط الى ت وتجمع على ن مع السيلال الاليجائي الناتج في الدائرة الثالثة.

وعلى هذا المنوال كل السيلال الموجب الناتج في الكووس المتوالية يجري الى

جهة المادة النحاسية الاخيرة ن اذ يجري كل السيلال السلبي من جهة ن الى

مادة التوتيا الاولى ت. فاذا قرب شريط خارج من ن الى شريط خارج من

ت حتى يتلامسا فكل المجرى الاليجائي بعد ان يكون قد تجمع عند ن كما يدل

على جهة جريانه بالسهم الصغيرة يمر على الشريط ا الى ت وكذلك يمر

السلبي على الشريط ب وقد تجمع عند ت الى جهة ن عكس جهة جريان

السيلال الاليجائي. فيكون طرف ب اي القطبة المتصلة بالتوتيا في السالبة

وقطبة ا المتصلة بالنحاس هي الموجبة لما مر. فاذا حسبنا ان كل جزء من

السلسلة ينتج كمية متساوية من الكهرباء لكمية اي جزء سواء من البطارية

تماما فالمجرى يزداد بنسبة زيادة عدد الاجزاء في البطارية

## الفصل الثاني عشر

في الفرق بين كهربائية الفرك والكهربائية الكلفانية

٢٦٣ ان الكهرباء الكلفانية التي تحصل بفعل كيميائي لاشك انها من نفس نوع الكهرباء التي تتيج بالفرك كما تبهرن (رقم ٢٦٠) غير ان الاولى تختلف عن الثانية بكونها اقل كثافة وقوة منها . فبطارية كلفانية ذات خمسين حلقة لا تجعل الا تباعدا طفيفا في الكرومتر ورق الذهب . وانما شرارة فقط من الالة الكهربائية فعلها بالالكرومتر اقوى جدا من فعل البطارية المذكورة . وبطارية كلفانية ذات الف زوج من الصفائح لا تدفع جسما دفعا كهربائيا بمقدار ما يدفعه قضيب صغير من الشبع الاحمر المهيى بفرو . ويتضح لك ذلك من النظر الى الحرارة فان مقدار الحرارة في غرفة دافية هو اعظم جدا منه في هيب مصباح مع ان الاولى مقبولة والثانية ان مست تسبب المأمبرحا بعظم كثافتها . ومثل ذلك قد يملا الجسم بمقدار من الكهرباء الكلفانية بدون اذى مع انه لو كان بكثافة كهربائية الفرك لآباد الحيوة . ومن هذا الفرق في الحجم او الكثافة ينتج ثلاثة امور



(١) دوام مجرى الكهربية الكثافية. فالكهربية الكثافية اذ تكون ذات حجم متسع وقوة ضعيفة قد يدوم مجراها اللطيف ساعات عديدة. اما كهربية الفرك اذ تكون صغيرة الحجم عظيمة الكثافة وبالنسبة قوية الفعل تمر في الاجسام التي تعترض لها حالاً وقوة شديدة

(٢) ضعف اجنيازها في الاجسام غير الموصلة. فانها اذ كانت ذات قوة ضعيفة تسير الوفاً من الاذرع في شريطة معدن ولا تتجاوز غطاءً دقيقاً من حرير تنفصل به الشريطة مع ان ذلك ليس الا مانعاً ضعيفاً في طريق كهربية الفرك

(٣) فلة استطاعتها ان تمر من موصل الى اخر بمجاورها. فلاجل حصول مجرى يقتضي اولاً ان نجعل قطبنا الدائرة الفلطاى في الناس الاعنيادي او ان تكون احدها قريبة جداً من الاخرى. ثم بعد ذلك قد تفرق القطبتان كثيراً او قليلاً حسب كثافة البطارية بدون انقطاع المجرى

تنبيه. ان ازدياد مقدار الصفائح المعدنية في بطارية فولطاى يزيد مقدار الكهربية لا كثافتها وازدياد عدد الصفائح يزيد كثافتها لا مقدارها ولا يخفى على النطن ذلك ما مرّ

## الفصل الثالث عشر

في قوات الايصال للموصلات والمفاعيل الكيميائية للجري  
الفلطاى

٣٦٤ ان قوة الايصال في المواد الموصلة للكهرباء تختلف

باختلافها. وتعرف قوة موصل من مقاومته للجري الكهربائي . ويراد بمقاومته له افلاته جانباً منه . وقد عرف بالتجربة ان مقاومة موصل واحد معدني لجري كهربائي يختلف بالاستقامة كطوله وبالقلب كقطره . وفي معدنين مختلفين من طول واحد وقطر واحد بمقدار ما تكون مقاومة احدهما لمرور الكهربية اقل من مقاومة الاخر تكون قوته للايصال اعظم وبالعكس فتختلف قوة الايصال في الموصلات بالقلب كمقاومتها للجري الكهربائي وقد اصطنع الجدول الآتي بحسب ذلك وفيه تظهر نسبة قوات الايصال لمعادن مختلفة اذ تحسب قوة الايصال للنحاس ١٠٠

النضة	١٠٨	الفصدير	١٨
النحاس	١٠٠	البلاطين	١٦
الذهب	٨٢	الحديد	١٦
التوتيا	٢٣	الرصاص	١٠
النحاس الاصفر	٢٠	الزئبق	٢

فيظهر من ذلك ان شريطاً من نحاس طوله ١٠٠ قدم يقاوم مجرى كهربائياً نفس المقاومة التي يقاومها شريط من بلاطين طوله ١٦ قدماً او من رصاص طوله ١٠ اقدام اذا كانا من ثخن واحد

اما قوة السائلات للايصال فتعرف نسبتها من الجدول الآتي اذ بحسب كبريات النحاس ١٠٠

مزيج كبريتات النحاس	١٠٠
الحامض الكبريتيك الذي ثقلة النوعي ١.٢	٢٥٤

٥٢

الماء الذي فيه ٢٠١ من ملح الطعام

$\frac{1}{4}$

الماء المقطر

وانما قوة الايصال للسائلات فهي صغيرة جداً بالنسبة الى تلك التي للمعادن. فان قوة الايصال للنحاس هي ١٦٠٠٠٠٠٠ مرة اعظم من التي لمزج من كبريتات النحاس غيراته بزيادة مساحة قطع السائل الموصل يمكننا ان نجعل قوته في الايصال مساوية للتي للعدن. فان اسطوانة نحاسية قطرها عتدة لها قوة للايصال مثل قوة اسطوانة ماء ملح قطرها ٥٠٠ قدم ٣٦٥ من مفاعيل الجري القلطائي انه اذا مر على شريط معدني صغير يُحمي الشريط وان كانت كثافة الجري وافية يذوب الشريط او يحترق. ونفس الجري الذي يرفع درجة الحرارة قليلاً في شريط من قطر معلوم يجعل شريطاً اذق منه مشتعلاً الى درجة الايضاض و يذوب او يحرق اخر اذق من الثاني ايضاً

اذا اتصل قطبنا بطارية كروف المولفة من ٢٤ زوجا بشريط دقيق من حديد او بلاتين طوله قدم فالشريط يحترق ويذوب. فان نقص طوله او سمكه يذوب او يحترق. ثم ان نفس الجري الذي يرفع درجة الحرارة قليلاً لشريط من الفضة او النحاس يذوب شريطاً من البلاتين من نفس طوله وسمكه

٣٦٦ ومنها الاحراق. فان الحرارة التي تظهر من الجري القلطائي قد تستعمل لاحراق مواد تشتعل او تلتهب فاذا قُرب شريط من بلاتين محمي بجري فولطائي الى وجه الاثير او الكحول يشتعلان حالاً او اذا قُرب الى بارود يلتهب حالاً. واذا ادخل شريط

صغير من بلاتين في علبة من البارود ومجرى الفلطاى في الشريط يجمع فيلتهب البارود. وقد يمكن ان يلهب البارود عن بعد نصف ميل او اكثر من البطارية. واذا انفصلت شرائط موصلة بصنخ هندي شديد الجهد وغمست بالماء يظهر ذلك الفعل بسهولة تحت الماء. وبحسب هذا المبدأ قد اكملت جملة اعمال مفيدة تتعلق بمصالح مساحية كعمل الطرقات وخلافها

## الفصل الرابع عشر

في النور الكهربائى والهزة الكهربائية

٣٦٧ انه اذا وجد سىال كهربائى بكثرة يُصحب غالباً بنور. ولا فرق في الجوهر بين النور الناتج من المجرى الفلطاى والناتج من الآلات الكهربائية. فكما يقال عن احدها يقال عن الاخر غير ان نور المجرى الفلطاى يدوم مدة دوام المجرى الذي يبقى برهة مستطيلة والنور الناتج من كهربائية الآلة يزول سريعاً بزوال مجراه

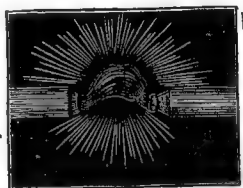
اذا انجد الشريطان المتصلان بفطبتى بطارية تظهر شرارة بيضاء مصحوبة بأزيز. واذا غمسنا طرف احدى الشريطين في وعاء زيتى وقرنا

الآخر الى وجه المعدن ترى شرارة لامعة. واذا ربطنا شريطاً دقيقاً من فولاذ باحدى قطبي البطارية وقرينا الشريط الى سطح الزينق المتصل بالقطبة الاخرى. بحيث يلامسها فيحترق الفولاذ حالاً. وقد يحرق زينك ساعة من فولاذ على هذا الاسلوب. وان صب ماء على الزينق فقد تظهر الشرارة من سطح الزينق تحت الماء

٢٦٨ ان النور الكهربائي الاسطع ما يكون الذي يمكن اصطناعه هو ما يحصل حينما نتخذ قطبتا البطارية بقطعتين من فحم صلب كفحم السندجان وهتان القطعتان من الفحم تصنعان على هيئة قلي رصاص طول كل منهما عقدة ونصف او عقدة ثمان وتربط الواحدة منها بالشريط الواحد والاخرى بالآخر من البطارية راس الواحدة يقابل راس الاخرى كقطبتين. واذا كان الفحم موصلًا غير تام بجعل منيراً جلياً بواسطة المجرى. واذا انفصلت القطعتان

١٨٤

شكل ١٨٣



الى بعد قصير يمر لهيب مضي بينهما كما يدل عليه (شكل ١٨٣). واذا قُرب الى هذا اللهب قطبة قطعة مغناطيس يتخذ هيئة منخبة وفعل المغناطيس قد يكون قوياً حتى انه يطفي اللهب جميعه. وهذا النور الناتج في هذه التجربة لا يستلزم وجود مادة محترقة. لان الاشتعال قد يكون اغرر في الخلاء او في اي غاز غير قابل للاحتراق. واذا وضع في مكان احد قلي الفحم قطعة من الفحم على هيئة كاس صغيرة كما ترى في (شكل ١٨٤) ووضعنا قطعة صغيرة

من الذهب او البلاطين فيها فتقريب القلم الاخر اليها يذوب المعدن او يحترق  
بكثافة الليب الكهربائي

٢٦٩ ثم اذا ارسل الجري الفلطائي على ورقة معدن رقيقة يحترق  
المعدن ويختلف لون الليب باختلافه . فان ورقة الذهب تشتعل بنور  
ابيض يضرب الى الزرقة ويجعل اكسيداً ذا لون بني غامق . واما ورقة الفضة  
فتشتعل بلهب اخضر زمردي لامع والتوتيا بنور ابيض باهر . واما النحاس  
فيشتعل بلهب مخضر يضرب الى الازرقاق يصعد منه دخان اخضر

٢٧٠ ثم ان النور الكهربائي يختلف طوله ولونه وهيئة باختلاف طبيعة  
الموصلات التي يمر بينها شرار وباختلاف المادة المتوسطة بين الموصلات .  
فاذا كانت الموصلات افضل للايصال فالشرار الكهربائي يكون اسطع .  
لان الشرارة الماخوذة من الموصل الاعظم بواسطة كرة معدنية كبيرة هي قصيرة  
مستقيمة مبيضة وبواسطة كرة صغيرة هي اطول وفي طريق ذي تعارج .  
والماخوذة بعنق الاصبغ التي هي اقل قوة في الايصال تكون ارجوانية او  
ذات لون احمر فاتح . والماخوذة بواسطة الخشب او الثلج او النبات الرطب  
او الماء هي حمراء . واذا قربنا كرة صغيرة من الكرة التي في الطرف الموصل  
الاعظم يحصل شرارة اطول مما اذا قُربت الى الموصل نفسه . والشرارة  
الاطول والاكثر تعاريج تحصل بتقريب فتاحة الحجر الليدية الى كرة الموصل  
الاعظم . والسيال يجناز من نقطة مكهربة ايجاباً على هيئة حزمة او قلم من  
الاشعة ومن نقطة مكهربة سلباً كجم منير

وقد وجد بالامتحان ان الشرارة الكهربائية تجناز باكثر سهولة في الهواء  
المتربط وفتحة الاتصال بين الموصلين تزداد بحصر الهواء . ففي انبوبة تجناز  
شرارة في فتحة اربعة اقدام او اكثر عوضاً عن فتحة خمس او ست عقد في  
الهواء التي هي فتحة الاتصال الاعيادية

٢٧١ وأما الهزة الكهربائية فإذا بلل شخص يديه بماء مالح  
ومسك الشريطين المتصلين بقطبي بطارية بشعر بهزة شديدة  
مشنجة للأعصاب والعضلات حينما يبتدي المجري أن يجري وإيضاً  
حينما يبطل . وأما في أثناء ذلك مدة بقاء المجري يشعر بسلسلة  
هزات متوالية كل منها أخف من التي قبلها

واعلم أن شدة الهزة تتوقف على عدد الصفائح في البطارية وليس على  
مقدارها . فلكي نجعل تأثيراً يشعر به يقتضي لذلك من عشر إلى خمس  
عشرة من الصفائح . وبطارية ذات خمسين إلى مئة زوج تحدث تشنجات شديداً  
للأصابع والذراعين والصدر . وإذا كانت كثيرة على إحدى اليدين يشعر  
باحترق في تلك البثرة . وإذا عدة أشخاص بللوا أيديهم بماء مالح ثم وصلوا  
أيديهم بعضها ببعض كما تقدم القول في الكلام على البطارية يهتز كل الصف  
بغثة . ويمكن حصر الهزة بسهولة في أي جزء شئنا من البنية الإنسانية وقد  
عرف من الأخبار أنها نافعة لبعض أنواع الأمراض

ثم أنه إن مرَّ مجري بطارية فولطائية في جسم إنسان أو حيوان قد زالت  
منه الحياة حديثاً تنقبض عضلاته انقباضاً شديداً وتنقلص . وهكذا تجعل  
الذراعين والساقين تتحرك بسرعة والعينين تنفتح وتنطبق فيما الفم وكل تكاوين  
الوجه تتحرك كأنها تتكشش من الوجع

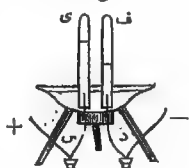
## الفصل الخامس عشر

في مفاعيل الكهرباء الكيمائية والميكانيكية وسرعتها

٢٧٢ انه من مفاعيل الجرى القلطائي اذا كان ذا كثافة كافية ان يحل سائلاً مركباً الى عناصره اذا جعل يمر فيه. وتلك العناصر يظهر انها تتحرك حينئذ الى جهات متضادة احدها في جهة الجرى الايجابي والاخر في ضدها. والواحد يفلت عند القطبة الايجابية والاخر عند السلبية

ان الماء مركب من غازين اوكسجين وهيدروجين على نسبة حجم واحد من الاوكسجين وجميعة من الهيدروجين .

شكل ١٨٥



خذ انبوتي زجاج ي وف مسدودين عند الطرف الواحد واملاهما بحامض مخفف. واقرب الانبوتين سائداً الطرفين المفتوحين بمجازر لكي لا ينصب الحامض. واغمسها في وعاء يحوي

ايضاً حامضاً مخففاً وارفع المجازر. ولتتحد الشريطان س ود بقطبي البطارية الفلطائية اذ تدخلان قليلاً في الانبوتين ي وف. فحالما تنصل الدائرة الفلطائية يخرج فقاع غاز من رؤوس الشريطين ويصعد في الانبوتين ي وف غير انه يجمع في انبوبة واحدة مضاعف ما يجمع في الاخرى. ولما



تجمع كمية كافية من الغاز فان اطفانا مصباحاً صغيراً وإدخلناه الى الانبوبة  
ي حالما ينطفئ ضوءه يعود يتضاءلاً. وذلك دليل على ان الانبوبة قد احتوت  
او كسجين. وإن مزجنا كمية صغيرة من هواء المجلد مع الغاز في الانبوبة ف  
وقربنا لهيباً نحصل فرقةً ومن ذلك يستدل على ان هذه الانبوبة قد احتوت  
هيدروجين ايضاً لان نيتروجين الهواء اذ يجمع مع الهيدروجين يتفرقع  
بالاحتراق كما يعرف من علم الكيمياء

٢٧٣ وقد علل عن ذلك بعضهم تعليلاً ظريفاً كما باقى ليكن ١ و ٢  
الخ دالة على سلسلة من دقائق الماء كل منها مركب من ذرة اوكسجين متحدة مع  
ذرة هيدروجين. فان ادخلنا الكهرباء الموجبة الى السائل عند م اذ تكون  
السالبة عند ن نحل الموجبة الدقيقة الاولى ١ من الماء وذرة الاوكسجين تفلت  
الى الانبوبة فوهايما ذرة الهيدروجين تتحد مع اوكسجين الثانية ٢ وهيدروجين  
الدقيقة ٢ يتحد مع اوكسجين ٣



وهيدروجين ٣ مع اوكسجين ٤  
وهم جراً الى الدقيقة السادسة

التي تفلت هيدروجينها. وإما القطبة السالبة فبالعكس لانها اذ تفل الماء  
تفلت الهيدروجين الى انبوبها وترسل الاوكسجين الى الموجبة وعلى هذا الاسلوب  
يحصل انحلال وتجدد تركيب دائمين لدقائق الماء في كل الخططين القطبتين  
ولكن عند القطبتين تفلت الاجزاء وبواسطة المجرى الفلطاى قد حلوا اجساماً  
عديدة مركبة

٢٧٣ الطلي. ومن مفاعيل المجرى القوطاى الطلي او التويه.  
وهذه الشهرة من انفع اثار الكهرباء. لانه بواسطة المجرى الكهربائى  
يمكن ان يلبس اي جسم كان باي معدن شئنا. فالمجرى الكهربائى

إذا واسطة للتركيب كما أنه واسطة للحل كما تقدم . فقد تظلي به  
بعض اواني معدنية او غير معدنية دنية القيمة بذهب او فضة  
او نحاس .

أما طلي الفضة او النحاس بالذهب فهذه قاعدته . خذ مزيجاً  
ثلثه من حامض النيتريك وثلثاه الباقيين من حامض الميوراتيك  
او الهيدروكلوريك وضع فيه من الذهب مقدار جزء من اثني عشر  
من المزيج . ثم احم المزيج بعد وضع الذهب قليلاً في وعاء من زجاج  
او فخار صيني عال فيذوب الذهب حينئذ في الحامض . ثم جففه  
إما بواسطة الغليان او بتعرضه لحرارة الشمس . وبعد ان يجف اسكب  
له مقداراً من الماء المقطر او الصافي يساوي ستين ضعف الذهب  
في المزيج اي اذا كان الذهب درهم اسكب من الماء ستين درهم .  
وهلم جرا وضع ايضاً في المزيج من سيانور البوتاسا مقدار اربعة  
اضعاف الذهب . ثم احفظ المزيج في مكان مقدار اربعة وعشرين  
ساعة او اكثر لكي تصفى فيكون بعد ذلك معدناً لطلي . ولكن حينما  
تبتدي بالطلي يقتضي ان تسخنه الى نحو ١٢٠° فهرنهايت . فاذا  
اردنا ان نطلي ملعقة فضة بذهب مثلاً فالملعقة يجب ان تربط  
اولاً بقطبة البطارية السالبة اي المتصلة بالتوتيا اذ تربط سبيكة  
من ذهب بالقطبة الموجبة واذا كانت البطارية من كوروس فولطه

يقتضي ان تكون ذات ست حلقات . ثم يغوص كلاهما في المزيج الذي قد أُعدَّ للطلاء . فبعد تشغيل الآلة ينخل المزيج والذهب ينفرش كغشاء على الملعقة . ثم يتحد المزيج بواسطة الكهرباء مع جزء آخر من سبيكة الذهب المربوطة بالقطبة الموجبة عوض الذهب الذي قد خسره فيحفظ المزيج بحالة واحدة من القوة الى ان تنتهي السبيكة

اما طلي النحاس او خلافيه بالفضة فقاعدته . خذ مقداراً من الفضة وضعة في خمسة مقادير من الحامض النيتريك المخفف بمقدارٍ مثله من الماء فتكون كمية الحامض المخفف عشرة اضعاف الفضة . واحم المزيج قليلاً في وعاء من زجاج حتى تذوب الفضة . ويقتضي الاحتراز من تنفس الغاز الخارج حيثئذٍ لانه مضر . ثم اضع الى المزيج الحاصل مثله من الحامض الميوراتيك لكي ترسب الفضة في القعر على هيئة رسوب ابيض . وبعد كم دقيقة اذ يرسب جيداً اسكب الماء عنه وضع فيه ماءً نظيفاً وبعد ان يرسب اسكب الماء ايضاً وهكذا الى ان يغسل أربع او خمس مرات . ثم ضع في الراسب المشار اليه مقداراً من الماء الصافي اربعين ضعف الفضة الموضوعة للمزيج وادفع الى ذلك من سيانور البوتاسا ثلاثة اضعاف الفضة واحفظ المزيج مدة ٢٤ ساعة . ثم بعد ذلك صفِّه بالورق النشاش

او خلافيه فيكون معداً للطلاي . فيطلى ما براد طليته بغمسه في المزيج  
المعدّ مربوطاً بالقطبة السالبة من بطارية كهربائية مع سبيكة من  
الفضة مربوطة بالقطبة الموجبة منها على اسلوب الطلي بالذهب  
اما طلي بعض المعادن او المواد بالنحاس فقاعدته ان تاخذ  
مقداراً من الماء وتذوّب فيه كبريتات النحاس اي الشب الازرق  
حتى يشبع المذوّب اي لا يعود يذوب فيه الشب . ثم صب في  
المذوّب نحو نصفه من الماء . ولا بأس من وضع كم نقطة من  
الحامض الكبريتيك معه وابقه ٢٤ ساعة فيصير معداً للطلاي فتطلي  
المواد منه على اسلوب طلي الذهب او الفضة كما مر . غير انه اذا  
اردنا ان نطلي جسماً غير موصل ندهنه بغبار البلماجين . وعلى  
ذلك يمكن ان تطلى بعض اواني خشبية باي معدن شئنا

٢٧٤ الالكتروتيب . ومن قبيل الطلي اصطناع اوجه الطبع  
النحاسية الذي يقال له الكتروتيب . وطريقة ذلك ان يوخذ  
قالب من شمع عن حروف نافرة محفورة في خشب او عن وجه  
مركب من حروف في المطبعة . ثم يدهن القالب بمسحوق البلماجين  
ويوضع في مزيج من كبريتات النحاس متصلاً بالقطبة السالبة  
من البطارية القلطائية ثم تربط سبيكة من نحاس بالقطبة الموجبة  
وتوضع ايضاً في المزيج . فيفعل الجري الكهربائي بنخل مزيج كبريتات

النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس ويجمع النحاس على القالب.  
ثم يترك الحامض الكبريتيك مع جزء من نحاس السبيكة فيه  
وهكذا يدوم العمل مدة دوام الجري الكهربائي على اسلوب الطلي  
بالذهب والفضة كما ذكر ويبقى القالب في المزيج الى ان يكتسي  
بغشاء متين من نحاس. وبعد تذويب الشعع عنه يصب فيه  
من قفاه قليلاً من مزيج الرصاص والقصدير المذوب لاجل ثبات  
الحروف ثم توضع بعض من القوالب المذكورة في مصب حديد  
مقلوبة ويصب الرصاص في المصب الى ان يطفح على القوالب  
ويملأها ويعلو عليها حتى يصير سمك كاف. وبعد ان تبرد تفصل  
القوالب عن بعضها بمنشار. ويجب ان يجعل لكل قالب برواز  
بعلو الحروف حتى يلتقى على المصب ويحفظ الحروف المرسومة على  
القالب من دخول الرصاص اليها ولصقها عليها اذ يكون القالب  
في المصب مقلوباً

٢٧٥ واما المفاعيل الميكانيكية للكهربائية سواء كانت  
فلطائية او حاصلة من الفرق فاذا فرغنا امتلاء قوياً على موصلات  
غير جيدة نتج مفاعيل ميكانيكية كالثقب والتمزيق والتكسير  
ارباً ارباً. وهذه المفاعيل تستلزم تدافعاً شديداً بين الدقائق المكهربة.  
فان الهواء يمزق بتفريغ كهربائي اذ تدفع الدقائق بعضها بعضاً

في خط المجرى ولذا هذا السبب يصحب تفريغ جرة ليدنية تفرغ

قوي

واله المعلم كترسلي التي ترى في (شكل ١٨٧) تبين تأثير هذا التمزق

السريع للهواء. فان القضيبين عند راس الآلة واسفلها شكل ١٨٧



اذا انحدنا بغشاء في القنبنة الليدنية المتلئة يحصل تفريغ  
وتنفذ الشرارة بين فتاحي القضيبين داخلاً في الهواء  
المحصور وتسبب تمزيقاً في الهواء بينها وانضغاطاً وراء  
التمزيق وذلك بسبب انضغاطاً سريعاً على الماء اذ  
يرفعه الى فوق في الأنبوبة الصغيرة. وان أطلق امتلاء  
في كرتونة او اوراق مختلفة السمك فانه يثقبها جاعلاً لها  
حدوداً بارزة على كلا الجانبين. ويمكن ان يثقب  
الزجاج ثقباً ضيقاً على هذا الاسلوب غير انه اذا كان  
الامتلاء اقوى مما يقتضي فالارحح حيث ان الزجاج

يتكسر ارباً ارباً. وكذلك الخشب الصلب وقوالب السكر ومواد اخر قابلة  
الانكسار غير موصلة تتكسر ارباً ارباً بامتلاء بطارية. واذا ارسل الامتلاء في  
موصل فلا يظهر له تأثير غالباً لانه يتوزع على سطح الجسم كله في مروره.  
فيكون تدافعه قليلاً. وانما اذا جعل الموصل سلكاً دقيقاً كحيط الزئبق في  
انبوبة الثرمومتر مثلاً تنحصر القوة حيث في مساحة قليلة وتبلي دقائقه فتنباعد  
عن بعضها وتكسر الانبوبة ارباً ارباً

٢٧٦ واما سرعة الكهرباء في عظمة جداً حتى لا يشعر

بوقت عند مرور تفريغ في حلقة الا اذا كانت على مسافة قاصية  
جداً. وقد جعل حلقة من شريط طوله نحو اربعة اميال فلم يشعر

بوقت التفريغ. ونحن نتوهم ان البرق الذي هو نور كهربائية الجلد  
 كما سيأتي يذهب من الغيوم الى الارض ولكنه بالحقيقة يرى كل  
 خط البرق في لحظة واحدة لاننا بامعان النظر قليلاً نشعر به صاعباً  
 كما نشعر به نازلاً. فلا نقاس سرعة الكهرباء بالآلات.  
 وقد اكتشف المعلم هو يتستون ان كهربائية الفرك تسري على شريط  
 نحاسي قطره جزء من خمسة عشر جزء من عقلة بمعدل ٢٨٨٠٠٠  
 ميل في الثانية فيكون اسرع كثيراً من النور. واما سرعة الكهرباء  
 الكلفانية المستعملة للتغراف فبعدها ١٦٠٠٠ ميل في الثانية

## الفصل السادس عشر

في اطلاق لفظ السيال على الكهرباء والبحث عن مذهبي دوفاي  
 وفرانكلين

٢٧٧ فيما مر كنا نسمي الكهرباء احياناً بالسيال الكهربائي  
 وهذه التسمية توهم انها مادة سيالة. وتوجد اسباب تحلنا على ان  
 نتوهمها سيالة ذات زخم وتلك الاسباب هي القوة التي بها تجطيم  
 الكهرباء اصلب المواد والصوت الذي يصحب مرورها في الهواء

وخط النور الذي يظهر اثر مجراها ومجرى الهواء الذي يصدر من موصل مرؤس عندما تجري الكهربائية منه وجاذبيتها وتدافعها وتوزيعها بغير التساوي على سطح موصل وانحصارها على سطح الاجسام بضغط الجلد وتجمعها في القينة الليدية وغير ذلك . وانما هذه الظروف تدل فقط على فعل قوة التدافع السريع المؤثر في دقائق المادة القريبة من خط التفريغ الكهربائي . ولما كانت الكهربائية غير قابلة الوزن لان الامتلاء الكهربائي لا يزيد ثقل الجسم شيئاً فلا دليل يؤكد لنا او يرجح كونها مادة

٢٧٨ قد ذكرنا في ابتداء الكلام على الكهربائية ما ذهب اليه دوفاي وما ذهب اليه فرانكلين ولا باس من مراجعتها الان لاجل البحث عن الاختلاف بين الطائفتين من الفلاسفة اللتين اتبعنا مذهبهما

اما فرانكلين فذهب الى انه يوجد سيال كهربائي واحد وان الجسم في حالته الطبيعية فيه امتلاء معين من هذا السيل الذي يبطل تدافعه بالاجاذية الفاعلة به من الجسم . وانه حينما يكون في الجسم اكثر من مقداره الطبيعي من الكهربائية يقال انه قد تكهرب ايجاباً وحينما يكون فيه اقل من مقداره الطبيعي يقال انه قد تكهرب سلباً وان الاجسام المتكهربة سلباً تندافع كالمكهربة



إيجاباً فيكون مذهباً مبنياً على الثلاثة اصول الآتية وهي

(١) الكهرباء تدفع الكهرباء

(٢) الكهرباء تجذب المادة

(٣) المادة عندما تكون غير مكهربة تدفع المادة

وبوجب هذه الثلاثة اصول يوضح فرانكلين ومن ذهب

مذهبه كل افعال الكهرباء

اما دوفاي فذهب الى انه يوجد سيالان كهربائيان يسميان

لاجل تمييزها السيل الزجاجي والراتنجي وسي الاول بالزجاجي

لكونه ينتج عن فرك الزجاج والثاني بالراتنجي لكونه ينتج عن فرك

المواد الراتنجية كالشمع الاحمر. وان كلا من هذين السيلين

يدفع نفسه ويجذب السيل الاخر. وانها اذا اخترقا جسماً بمقادير

متساوية يبطل احدهما فعل الاخر ويقال ان الجسم حينئذ غير

مكرب

٢٧٩ وقد احتج اتباع دوفاي على اتباع فرانكلين لتأييد

مذهبهم بقولهم ان اثر مرور مجرى في ورق او كرتون من قنينة ليدينية

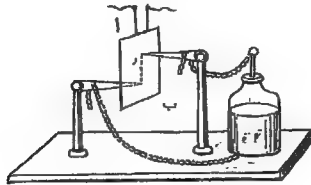
من الجانب الايجابي الى الجانب السلبي ومن السلبي الى الايجابي

دليل على وجود السيلين

لانه اذا لَوِّنت الكرتونة اب بـ كـ رتيد الزئبق المعروف باسم فرميلوم

ووضعت بين سناني المطلق العام كما في (شكل ١٨٨) اللذان يبعد احدهما

شكل ١٨٨



عن الآخر نحو عقدة ومراً متلافة فنية ليدنية فالكرتونة تثقب ويرى على جانبي الثقب كليهما حلان بارزان يستدل منها على زخم مجريين من جهتي الايجاب والسلب المتقابلتين الآن حد الثقب الذي يفعل فيه المجري السلي اقل بروزاً من الذي يفعل فيه الايجابي وذلك دليل على ان الهواء له اشد مقاومة على المجري السلي مما على المجري الايجابي

ورداً تباع فرانكلين ان بروز حدي الثقب على الجانبين لا يستلزم فعل مجريين وانما لكون الدقائق على جانبي الثقب قد ملئت بالكهربائية تدفع بعضها بعضاً من الجانبين فيحصل هذا الاثر

٢٨٠ ثم احتجت هذه الطائفة انه اذا وُضع قضبان من شمع احمر متوازيين على مائدة المطلق العام ووضعت بينهما كرة من لب السيسبان على منتصف البعد بين سناني المطلق وصارت تفرغ لطيف من احد السنانين الى الآخر تجري الكرة من جهة السنان الايجابي الى السلي. وانه اذا وُضع مصباح بين سناني المطلق العام

يهب دائماً من الجانب الايجابي الى السلي. فاذا ذكر وغيره مما يشبه دليل على انه يوجد سيال واحد فقط وانه دائماً يتحرك من الجانب الايجابي من القنينة الى الجانب السلي  
وردد هذا الاحتجاج اصحاب مذهب دوفاي بقولهم ان كل ذلك ناتج عن كون مقاومة الهواء للكهربائية الراتنجية اشد مما هي للزجاجية

٢٨١ ثم اخبروا انه يخرج مجرى كهربائي من راس تكهرب سلباً كما من راس تكهرب ايجاباً. فاذا اتصل موصل مروس بالفارك المنفصل من آلة كهربائية تندفع كرة من لب السيسبان بجري الكهرباء الذي يخرج من راس الموصل  
فاجاب اتباع فرانكلين ان ذلك ناتج عن كون المادة المسلوقة الكهربائية تدفع بعضها بعضاً  
شكل ١٨٩



٢٨٢ ثم قال هؤلاء ان هيئة الشرار الكهربائي دليل على حركة سيال واحد صادر من الموصل الايجابي الى السلي. لان الشرارة من آلة كهربائية قوية التي تظهر متشعبة في كل

الجوانب تنجّه من جانب الموصل الايجابي الى السلي كما يرى في  
(شكل ١٨٩)

ورُدَّ احتجاجهم هذا ان ذلك ليس الا نتيجة كون مقاومة  
الهواء للكهربائية الايجابية اقل منها للراشجية كما قد تقرّر  
٢٨٢ وقال اتباع دوفاي اذا اخذت شرارة من آلة اعنيدية  
فاطراف الشرارة هي غالباً المع من الوسط ومن ذلك دليل على  
ان الجزء الاوسط الضعيف النور هو مكان اجتماع الكهربائيتين  
حيث تبطل احدهما فعل الاخرى

ورُدَّ عليهم ان السيل الكهربائي بداعي مقاومته نفسه يمتاز  
من دقيقة الى اخرى بجارٍ تشعب من كل دقيقة فيتفرّع بهذا  
التوزيع نوراً ضعيفاً في الجزء الاوسط من الشرارة فلا دليل هنا  
على وجود سيالين. ولها مناقشات كثيرة غير هذه لا محل لذكرها  
هنا ولما كان لكل من الفئتين احتجاج وللأخرى رد مقبول فلا  
سبيل لتعيين ايها الاصح بل انما ذلك من الامور الخفية في الطبيعة.  
غير اننا من الالتفات الى هذه الحقيقة وهي ان الكهربائية الراشجية  
تستقر كالزجاجية على سطح موصل وتمتد على الموصل بموجب  
ناموس الكهربائية الزجاجية نرجّح وجود سيال كهربائي راشجي  
حقيقة كوجود سيال زجاجي

## الفصل السابع عشر

### في كهربائية الجلد والوقاية منها

٢٨٤ ان كهربائية الجلد التي تنتج البرق والرعد والصواعق والكهربائية التي نجم عنها بالالة ماهيتها واحدة. وقد اثبت هذا الامر الفيلسوف فرانكلين الكهربائي وذلك بواسطة اطلاق طيارة في الهواء ربط فيها عودين من ارز على هيئة صليب وربط فيها شريطة مروسة وعند اتيان نوح كان بطير الطيارة ثم علق مفتاحا في طرف الخيط المصيص وربط طرف الخيط في عمود من خشب بواسطة تحرير من حرير. ثم اذ تبلل الخيط المصيص من وقوع المطر عليه قرب عقدة اصبعه الى المفتاح فنال مجرى من الشرار الساطع. ثم من تجربات كثيرة مختلفة ظهرت له المشابهة التامة بين الصاعقة او البرق والكهربائية. وعند ذلك تاكد كونها من جنس واحد واما اوجه المشابهة التي ذكرها فهي

(١) هيئة البرق ذات التعاريج تطابق هيئة ممر الشرار الكهربائي القوي في فسخة من الهواء

(٢) الصاعقة تقع غالبا على الاشجار العليا كقمم الجبال ورؤوس

وصواري المراكب والأشجار العالية والأبراج والمنائر والصوامع والمآذن وقبب  
الاجراس وهلم جرا . وهذا السيل الكهربائي اذا انتقل من مادة الى اخرى  
يختر داءاً للرؤوس العليا كما مر

(٢) قد لوحظ ان الصاعقة تهجم غالباً على المواد الجيدة لا يصل  
الكهربائية كالمعادن والماء والاجسام الرطبة وانها تتجنب غير الموصلة  
كالكهربائية التي تجتمع بالآلة

(٤) الصاعقة تضرم الاجسام القابلة للاشتعال وذلك من مفاعيل  
الكهربائية

(٥) المعادن تدوب بتفريغ قوي من الكهرباء وهذا الامر احد مفاعيل  
الصاعقة الاكثر وقوعاً

(٦) تلاحظ المشابهة بينها في تكسير الاجسام القابلة للتكسير  
(٧) قد عرف ان الصاعقة تضرب الناس بالعي وقد وجد المعلم فرانكلين  
ان للتفريغ الكهربائي القوي نفس هذا العمل

(٨) الصاعقة تبيد الحيوة الحيوانية وللحزة الكهربائية هذا الفعل نفسه لان المعلم  
فرانكلين امات بهزقه كهربائية قوية ديوكاً حبشية نقل كل واحد منها رطلان  
(٩) تاثير برق الصاعقة في الابر المغناطيسية كتاثير الكهرباء كما سيأتي .

والحديد يصير مغناطيساً بكلا هذين الشئيين . فالنتائج اذا متشابهة تشابهاً  
كلياً غير انها تختلف في القوة فاذا كانت حديدية بارودة مكهربة تعطي شرارة  
وتجمل فرقة قوية عن بعد عقدتين فاذا يستنظر من غيمة مكهربة مساحتها  
١٠٠٠٠ فدان مكعب

٢٨٥ ان تحويل البخار الى ماء والماء الى بخار واحثكاك مجاري  
من الهواء متضادة في سيرها بعضها على بعض هما السبب الارح

لظهور الكهربائية في الجلد . ومذهب اشهرهم ان الاجسام عند تحويلها من حال السائلية الى حال البخارية وبالعكس تعطي علامات قاطعة لوجود الكهربائية بخالة الايجاب والسلب . لانه حينما يخرج بخار متكاثف من منفذ حنفية خلقين تنتج كهربائية بكثرة اذ تكون كهربائية البخار موجبة والخلقين سالبة وبعضهم يجعل لاحتماك دقائق السيل على الخلقين مدخلا في ذلك

٢٨٦ واما حالة كهربائية الجلد فقد اثبت كثير من المدققين

الحقائق الآتية المشهورة التي تتعلق بذلك

(١) الغيوم الرعدية تمتلئ من الكهربائية اكثر من سائر الاجسام الهوائية . فجميع الغيوم المنفردة او المتفرقة تتكهرب قليلاً او كثيراً نارة ايجاباً وطوراً سلباً . ومتى غطت الغيوم السماء اي متى كانت الغيوم رقعة واحدة مبسوطة فوقنا فالكهربائية اضعف كثيراً مما تكون في الغيوم المتفرقة . ولكون الضباب ليس الا غيوماً قرب سطح الارض يصدق عليه هذا الحكم نفسه وهوان الضباب الساري القليل الامتداد يتكهرب غالباً بكثرة

(٢) كهربائية الجلد تكون اقوى متى عقب عدة ايام ممطرة متوالية طقس

حار او بالعكس

(٣) عندما يكون الطقس نقياً غير مختلف تبقى الكهربائية غالباً ايجابية ولكنه عندما يحدث نوبت تغير دائماً من ايجاب الى سلب وبالعكس

٢٨٧ ان سبب حدوث الرعد والصاعقة او البرق هوان

السحابة تتكهرب بسرعة عند انتشاعها وكهربائيتها المتكومة تفعل

على كهربائية <sup>سحب</sup> أخرى بموجب الحمل الكهربائي اي اذا كانت موجبة تجذب السالبة من الاخرى وتدفع الموجبة واذا كانت سالبة فبالعكس فتجعل اجزاء الغيوم القريبة منها مكهربة بنوع مضاد لكهربائيتها فتتجاذبان ومتى اقتربتا حتى تصيرا على بعد فسيحة الاتصال تهجم كل واحدة الى الاخرى فيرى الشرار الكهربائي اللامع كالبرق او الصاعقة ثم يُسمع تفرقع تمزق الهواء بصوت رعد . وذلك يحدث غالباً في فصل حار كالربيع والخريف وفي الوقت الاخر من النهار . وتكثر الانواء الرعدية حيث الهواء الحار الرطب يُحمل من الاوقيانس الى بلاد جبلية وسبب حدوث هذه الانواء ليس هو الكهربائية بل ما ذكر فيما مر عند الكلام على الرياح والامطار في الهوائيات واما الحوادث الكهربائية فنتيجة لازمة لبعض ظروف تصحب انتشاء الانواء

٢٨٨ اما خط التفريغ فهو ذو تعاريج كالشرار الطويل من الموصل الاعظم كامر . والى هذه ينسب عدم مساواة صوت الرعد لان هذه التعاريج تجعل الاجزاء المختلفة من خط النور الكهربائي على ابعاد مختلفة من الاذن فكما قل البعد اسرع الصوت وقوي اذ ياتي من الاجزاء التي على ابعاد متساوية في وقت واحد بعلو زائد . والصدى الناتجة عن السحب والتلال وغير ذلك هي



ايضاً علة انعكاس الرعد واستطالته

٢٨٩ وقد يحدث احياناً انه يحصل تأثير قوي عن بعد جسم من المكان الذي تفرغت فيه الصاعقة بحيث لا يكون ممر نور كهربائي ظاهراً من سحابة الى الارض. وتعليل ذلك هو ان السحابة الكبيرة المكهربة ايجاباً بموجب الحمل الكهربائي تحمل كهربائية الارض المجاورة لها اذ تجذب السالبة الى سطحها وتدفع الموجة الى بعد. ثم اذا تفرغت كهربائية هذه السحابة الى سحابة اخرى او الى شبح شاخ على الارض قريب منها فالكهربائية المندفعة من سطح الارض ترجع حالاً وباخذ الحيوان المجاور هزة ربما تلاشي حياته. وهذا ما يقال له رد الضربة

٢٩٠ الوقاية من الصواعق. انه لاجل الوقاية من اذى الصواعق والرعود الاحسن ان يكون الشخص قريباً من موصل جيد مرتكر في الارض عال في الهواء كقضيب الصاعقة او شجرة عالية بحيث لا يلتصق كثيراً فتصل اليه الصاعقة. واذا لم يكن للبناء قضيب فالاسلم ان يكون في وسط الاوضة من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او ينام من ان يقف وذلك مبني على ان الكهرباء تيل الى رؤوس الاشباح العالية المروسة. ولاوقاية من لبس الحرير او الانطراح على فراش ريش او الاتصال باي نوع غير موصل من المواد لان الصاعقة تتبع الموصلات وهي متصلة بغير الموصلات كما لو لم تكن متصلة. فلاحماية بغير الموصلات ما لم تُحيط الشخص الى بعد وافر من كل جانب.

والاحسن عندما يُشعر بتزول الصاعقة ان يرمي الشخص كل ما معه من المواد المعدنية اذا امكنته الفرصة. واذا كان ملاصقاً شجرة يجب البعد عنها والانطراح على الارض

٢٩١ واما قضيب الصاعقة فهو قضيب معدني مرسوم ينصب على جوانب البيوت يغرز في الارض ويعلو راسه الى فوق السطوح. ولكي تحصل من قضيب الصاعقة الوقاية التامة يقتضي ملاحظة القوانين الآتية

(١) يجب ان يكون حجم القضيب كافياً. فاذا كان من حديد يجب ان يكون قطره من نصف عقدة الى عقدة. وان كان من نحاس فقد يكتفى بثلاث عقدة

(٢) يجب ان يكون متصلاً من اعلى الى اسفل. فقد يصطنع من اجزاء متصلة فيجب والحالة هذه ان يتصل بعضها ببعض حتى يتألف منها قضيب واحد من فوق الى تحت لانه اذا وصل بينها بسلسلة او بشيء اخر فالسلسلة هي اكثر مقاومة لجرى الكهرباء

(٣) يلزم ان يكون اعلاه مرسواً. وذلك لكي تميل اليه الكهرباء لانه من شأنها كما مر ان تميل الى رؤوس الاشجار العليا. ولئلا يثخن سنانها بتكون الصدى عليه يجب ان يغشى بالذهب او يعمل من فضة صلبة ان بلاتين

(٤) يجب ان ينتهي القضيب من اسفل في التراب المبلول لان التراب الجاف هو موصل ضعيف للكهربائية. فان كانت نهايته في تراب جاف فالكهربائية مدة حلول الصاعقة لا بد ان تتجمع على هذا القضيب

الموصل ثم نجاز منه الى موصلات اخرى على جوانبه وتتح ذات الاذى الذي كان يحصل لو لم يكن قضيب صاعقة . فيقتضي ان يدخل في الارض خمس اقدام على الاقل وفي الرمل الجاف ليس اقل من عشرة اقدام والاحسن في محلات كنهه ان يتصل اسفل القضيب ببيروما او ينوع

(٥) يجب ان يكون اعلى كثيراً من اعلى اجزاء البناء . لانه قد عرف من الاخبار ان القضيب بقي دائرة نصف قطرها مضاعف علوه فوق سطح البناء . غير ان هذا القانون لا يسلم دائماً من الخطاء فيقتضي ان يكون للبناء الواحد اكثر من قضيب واحد ما لم يكن صغيراً جداً . والدواخين يلزمها وقاية خصوصية اولاً لارتفاعها وثانياً لكونها موصلاً جيداً والدخان الخارج منها كذلك

## الفصل الثامن عشر

### في الكهرباء الحيوانية

٣٩٢ انه غيب التنفيس المدقق اثبت الطبيعيون وجود مجاري كهربائية في تركيب الحيوان تجري من السطح الخارج او البشرة الى السطح الداخل المخاطي . والمعلم الذي الذي كان في ايام كلثفي وفولطا وقد تعصب لها في هذا الرأي برهن ذلك بانه اخذ راس ثور قد ذُبح حديثاً واتى بفخذ ضفدع وجعل عصب الفخذ يمس لسان الثور اذ كان ماسكاً الفخذ بيده مبلةً بما مالح وباليد

الآخرى المبللة ايضاً بالماء المالح اذن الثور لكي نتم الدائرة الكهربية .  
فتقلص حينئذ الفخذ فكان من ذلك دليل على وجود مجرى  
كهربائي في الحيوان . وهكذا يتبين الامر بوضع مجرب عصب  
فخذ الضفدع الوري على لسانه وامساك مخالفه بيده مبللة بماء  
مالح فانه يعطي بتنهجه حينئذ دلائل وجود الكهربية . والكلفنومتر  
الذي سيأتي الكلام عليه يبين لنا وجود الكهربية عند انمام الدائرة  
المذكورة

٢٩٣ ثم انه من ابلغ ظواهر الكهربية تلك التي تظهر من  
الكهربية الطبيعية في انواع من السمك . وانواع الاسماك  
المشهورة هذه الخاصة هي ثلاثة اولها واشهرها ما يقال له الرعاد  
واسمها باللاتينية توريدو

اما خاصية هذا النوع من السمك فكانت معروفة عند الطبيعيين  
الاقدمين لان ارسطوطاليس وبليني يصفانها بالتدقيق . اما الاول فقال  
ان هذا السمك يسبب خدرًا للاسماك التي يريد ان يصطادها فتأخذ تلك  
الاسماك الفترة حينئذ يمسكها بفسه ويغتذي بها . واما الثاني فقال ان هذه  
السمكة اذا مسّت بفضيب او بحرية ولو عن بعد تشخ اقوى العضلات . وهينة  
هذه السمكة مستعرضة كسمك ابي مشط طولها نحو عشرين قيراطاً وكهربائيتها  
خواص الكهربية تماماً فانها تسري على المعادن والماء وباقي الموصلات ولا  
تسري على الزجاج او مواد اخر غير موصلة

٢٩٤ النوع الثاني الانكليش الاميركاني واسمها باللاتينية

المعروف عند الاوربيين بالجهنوتوس. وهذا النوع يوجد في انهر اميركا الجنوبية. طوله الاعنيادي من ثلاثة الى اربعة اقدام وقيل انه يوجد احيانا بطول عشرين قدماً. ويعطي هزة قتالة سريعة. وهو يصطاد الاسماك التي يقرب اليها على الاسلوب المذكور للرعاد لكي يغتذي بها

ويقال ان الطريقة المستغربة التي يصطادون الجهنوتوس بها في جنوبي اميركا هي انهم يُنْزِلُون الى بحيرة يكثر فيها هذا الانكليس خيلاً برية نخوض فيها مدة. فاسمك بعد ذلك يعي او تنفرغ كهربائية بمجهاد مع الخيل فيُهَسِّك. وانما التفريغ الكهربائي النافع عنه قوي بهذا المقدار حتى ان بعض الخيل تفرق قبل ان تشفي من هزات الانكليس المشحجة

٣٦٥ النوع الثالث ما يقال له الفترة واسمها باللاتينية سَلِسُ الكتريكوس وهذا النوع من السمك يوجد في بعض انهار افريقيا. وقوتها الكهربائية اقل مما للرعاد او الانكليس الاميركاني ولكنها كافية لاعطاء هزة ممتازة للبينة الانسانية

وجميعها ذات اعضاء كهربائية تشبه رصيف فولطه في تركيبها. والمجاري الكهربائية التي تحصل منها تؤثر بالكلفنومتري مقياس الكهرباء الكلفائية وقد يظهر منها الشرار الكهربائي. وهذه الانواع من الاسماك تستعمل قوتها ارادياً لفصد تضعيف فريستها عندما تكون راکضة في اثرها ولوقاية نفسها ممن يسطو عليها

وقد يظهر شرار الكهرباء على شعر الانسان اذا حُكَّ بمجرمة من حرير او مُسَّط بمشط من عاج في ليل مظلم نقي. ويظهر في وبر القطا ايضا اذا حُكَّ

بحرمة من حرير في ليلٍ داجر الجلد فيه جاف

## الفصل التاسع عشر

### في كهربائية الحرارة

٢٩٦ أنه سنة ١٨٢٢ اكتشف العلامة سيبك من برلين أنه إذا اتصل معدنان مختلفان معاً على الأسلوب الآتي فيجري مجرى حولها ويمكن أن ينتقل ذلك المجرى بواسطة موصل جيد. والكهربائية الناتجة من هذه الكيفية تسمى كهربائية الحرارة

مثالة إذا اتخذ قطعنا معدن احدها البياض من فضة جرمانيا والاخرى السوداء من نحاس كهذا الشكل وأحيا عند مكان الاقتران مجرى مجرى كهربائي في جهة مجرى السهام من الفضة الى النحاس. وهذا النوع من الكهرباء ينتج عن اختلاف درجة الحرارة فتجري من الاجزاء الباردة من المعدن الى الحارة.

شكل ١٩٠

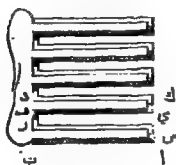


وخصائص كهربائية الحرارة هي كخصائص الكهرباء العمومية

٢٩٧ والمعادن الافضل لحصول هذه الكهرباء هي فضة جرمانيا وبزموت ونحاس اصفر وحديد واتيمن. فيمكن ان يصنع بطارية من رصيف معادن احدها فوق الاخر من غير جنسه وآخر فوق الثاني وهلم جرا على الأسلوب الذي تراه في الشكل وذلك يشابه رصيف فولطه وله قطبتان

كذلك. لتكن ا ب قطعة من بزموت وس ر قطعة من انثيمون متحدة بها  
وي ف قطعة من بزموت وك د من انثيمون وهلم جراً فاذا وضع حديد

شكل ١٩١

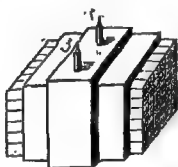


حامٍ على الاطراف ا س ي ك اذ تكون  
الاطراف ب ر ف د مبردةً بثلم يصدر  
مجرى كثافته تساوي مجموع كثافات اجزاء  
الرصيف وبواسطة شريطة تخرج من قطعة  
البزموت الاولى ا ب واخرى تخرج من

القطعة الاخيرة التي هي من انثيمون يمكن التصرف بالمجرى كيفاً يراد

٢٩٨ واذا اقتضى تركيب رصيف من ثلاثين جزءاً او أكثر نجعل على

شكل ١٩٢



الترتيب الانسب كما يرى (شكل ١٩٢)

ويقال انه رصيف كهربائية الحرارة.

والقطعة الاولى من بزموت تتصل

بالشريط م والاخيرة من انثيمون تتصل

بالشريط س. وموس هما قطبنا الرصيف

الموجة والسالبة

فاذا عرّضت الاطراف المتصلة على الجانب الواحد لحرارة ذات درجة

عالية ولو قليلاً يعرف من الكلفنومتر انه يوجد مجرى كهربائي. وقد تصنع آلة

كمن تتاثر من حرارة خفيفة كحرارة اليد على بعد ثلاثين قدماً فتنتج كهربائية

كافية لان تؤثر في الكلفنومتر. واذا وضع الطرف الواحد من الرصيف على

قرص ثلم وقرب حديد حامٍ الى الطرف الاخر يتج مجرى كهربائي يظهر فيه

ظواهر الكهرباء

# الباب الثامن

في المغناطيسية وفيه مقدمة وثلاثة فصول  
المقدمة

في تعريف المغناطيسية وتاريخها

٣٩٩ المغناطيسية فن يبحث فيه عن القوة الخصوصية في  
المغناطيس لجذب الحديد دون سائر المعادن والاجسام . وقد  
تطلق هذه اللفظة على السيل الذي هو السبب الغير المدرك  
لهذه القوة . اما المغناطيس فهو قطعة من اوكسيد الحديد فيها  
خاصية جذب الحديد والاتجاه الى نحو قطبي الارض اذا تعلقت  
لذاتها . ويقال له حجر المغناطيس ايضاً . وهو نوعان طبيعي وصناعي .  
اما الطبيعي فيوجد في اماكن كثيرة على الارض واحياناً توجد في  
قعر معادن الحديد قطع منه مختلفة المقادير طول اقطارها بعض  
عقد وقد توجد قطع منه عظيمة المقدار . وقد جلب الانكليز  
حجر مغناطيس من موسكو الى لندن وزنه ١٢٥ ليبرة يحل اكثر



من ٢٠٠ ليبرة من الحديد . والمشهور من هيئات المغناطيس الطبيعي والصناعي نوعان وهما المغناطيس المستقيم والمغناطيس نضوة الفرس لكون هيئته تشابه هيئتها وبعض هذا النوع هيئته تشابه اللامين المعلقين في الكتابة

٤٠٠ ان جاذبية المغناطيس كانت معروفة من قديم الزمان لان هوميروس وفيثاغورس وارسطوطاليس يذكرونها . ولكن خاصة اتجاهه الى نحو القطبين لم تكن معروفة في اوربا حتى الجيل الثاني عشر . وقد قرّر بعض المورخين مؤكداً ان معرفة هذه الخاصية كانت عند الصينيين قبلما عرفت في اوربا باجيال كثيرة

## الفصل الاول

### في المغناطيسية مطلقاً

٤٠١ اذا تدحرج مغناطيس في برادة الحديد يجذبها الى ذاته . وهذه الفاعلية تظهر بالاكتر عند طرفيه المتقابلين حيث يتكوّن مقدار من البرادة اعظم جدّاً مما في اجزاء آخر من الجسم . والطرفان المتقابلان في مغناطيس حيث يظهر ان القوة الجاذبة

تستقر يسميان قطبيه فالتى نتجه الى نحو الشمال تسمى القطبة  
الشمالية والاخرى الجنوبية والخط الموصل بين القطبتين يسمى  
المحور

وذلك يظهر من هذا الشكل. ومن ذلك ينتج ان القوة الجاذبة المخصصة

شكل ١٩٣



بالمغناطيس سواء كان طبيعياً ام صنعياً لا تكون متساوية في كل جزء من  
سطح بل يدل عليها بخط منحنى يحيط بالبرادة الملتصقة بالمغناطيس كما اشرنا  
فياخذ هيئتها كما في (شكل ١٩٤). ليكن ا ب قطعة مغناطيس. فبحسب

شكل ١٩٤



القوة تكون في كل مكان من القطعة بنسبة بعد الخط المنحنى س د ي ف عن  
ذلك المكان. وذلك لان مقدار القوة يكون بحسب البعد الذى تجذب منه  
القوة. وذلك ما يعبر عنه بكثافة القوة. فالقوة المغناطيسية عند الطرفين  
اكتف ما هي في اى جزء كان من المغناطيس وكلما اقتربت منها الى خط  
الوسط د ف قلت القوة حتى ثلاثى في ذلك الخط ويقال لخط الوسط الخط  
الخشى لانه لا قوة مغناطيسية هناك. وذلك يظهر ايضاً من انه اذا قربنا الخط  
الخشى من قطعة مغناطيس الى كرة صغيرة من حديد معلقة بخيط فلا يظهر  
فل الجذب. ولكن قوا الجاذبية تراها تزداد كلما ابتعدت عن الخط الخشى  
الى كلا جهتي الطرفين : ثم انه كما ان للمغناطيس قوة لجذب الحديد للحديد

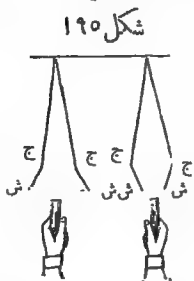
ايضاً قوة لجذبه . ثلاثة اذا علمنا قطعة مغناطيس بخطط ثم قربنا منها قطعة حديد تجذب اليها كذلك قطعة المغناطيس

فاذا قُرِبت قطعة مغناطيس الى قطعة حديد موضوعة حتى نتحرك بسهولة فالحديد يجذب اليها . وان كان المغناطيس يتحرك بسهولة يجذب الى الحديد واذا تماساً يلتصقان بقوة شديدة . وكلا القطبتين يجذبان الحديد على حد سوى ويجذبان منه . فاذا وضع مغناطيس على برادة الحديد تلتصق البرادة حول طرفيه بكثرة ونقل كمية المتصفة كلما اقتربت الى الخط الخشن كما مرولا يعيق قوة الجذب حاجز كورق او غيره . ولعدي النكل والكوبلت خاصة جذب المغناطيس وجذبهما منه كالحديد غير انه اذ كان هذان المعدنان نادري الوجود لا يستعملان في تجربات المغناطيسية

٤٠٢ اذا قُرِبت قطع مغناطيس الى بعضها فالاقطاب

المتشابهة تدفع بعضها بعضاً والمتخالفة تجذب بعضها بعضاً

فالقطبة الشمالية من مغناطيس تدفع الشمالية من آخر وتجذب الجنوبية



منه والجنوبية من الاول تدفع الجنوبية من الثاني وتجذب الشمالية منه فترى في هذا الشكل عن اليسار ان القطبة الشمالية من المغناطيس تدفع الشماليين من ابرتين مغناطيسيتين معلقتين ليتحركا بسهولة والقطبة الجنوبية عن اليمين تجذبهما

٤٠٢ وقد عللوا عن جاذبية المغناطيس للحديد وعن تدافع

القطب المتشابهة من مغنايط وتجاذب المتخالفة بما ياتي من القول .

وهو ان كل الاجسام القابلة للمغناطيسية كالحديد والفولاذ ممتلئان

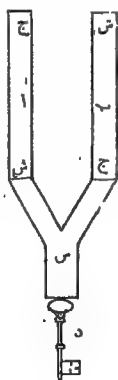
بسيّالين خفيفين يسميان بالسيال الجنوبي والسيال الشمالي وبعضهم يسمي الشمالي إيجائياً والجنوبي سلبياً . وإن دقائق كلٍّ من هذين السيالين تدفع بعضها بعضاً وتجذب دقائق السيال الآخر . وإن هذين السيالين منفصلين أو متخلين في المغناطيس ومتحدّين في الحديد فإدما متحدّين في الحديد يحق أحدهما قوة الآخر فلا تظهر جاذبية ولا تدافع إذ كان كلما تجذبه دقيقة من سيال واحد تدفعه الدقيقة من السيال الآخر المتحدة معها . وإذا قرّب حديد إلى مغناطيس يجلب أحد سيّالي المغناطيس المتجه إلى الحديد سيّالي الحديد المتزجين إذ يجذب الخالف له ويدفع المشابه فيحصل تجاذب بين المغناطيس والحديد وذلك ما يقال له الحل المغناطيسي . ويقال حينئذٍ إن الجسم قد تمغنط . ومن التمتع ما هو وقتي ومنه ما هو دائماً وسيأتي الكلام على كليهما . وذلك الطرف الذي يتجه إليه السيال الشمالي يسمى القطبة الشمالية والآخر القطبة الجنوبية . وإذا قربت قطبتا مغناطيسين متشابهتان أحدهما إلى الأخرى تتنافعان لكون السيالين متشابهين . وإذا قربت قطبتان مختلفتان أحدهما إلى الأخرى تتجاذبان لكون السيالين مختلفين كما يحدث بين جسمين مكهربين ٤٠٤ فالحل المغناطيسي هو كالحل الكهربائي أي كما أن الجسم

المكهرب يجلب كهربائية جسم اخر وضع قريبا منه ويجذبه كذلك  
المغناطيس يجلب المغناطيسية في قطعة حديد قربت الى احدى  
قطبتيه ويجذبها. وطرف من قطعة حديد اقرب الى قطبة ما  
للثانية يتمغنط بالنوع المخالف لنوع القرى والابعد يتمغنط  
بنفس ذلك النوع. فيصير لقطعة الحديد قطبتان وخط خنثي  
اذ تكون قطبتها الملتصقة بقطبة المغناطيس مختلفة عنها. ويجوز ان  
يوضع الجسمان على استقامة واحدة او على اى زاوية كانت او  
متوازيين والحالة الاخيرة هي الاقوى حالا. لانه في هذه الحال كل  
قطبة تقرب من قطبة الحديد تدفع نوع المغناطيسية المشابه  
وتجذب المخالف بطريق الحل المغناطيسي فيصير تمغنط الحديد  
على هذا الاسلوب ضعف تمغنطه بقطبة واحدة على الاقل. وكما  
ان قطعة واحدة يتمغنط بتقريبها من مغناطيس كذلك قطعة  
اخرى قُرِبت اليها يتمغنط منها والثالثة من الثانية وهلم جرا.  
غير ان هذا التمكنط ليس هو الا وقتيا لانه اذا ازيلت قطع الحديد  
عن المغناطيس يرجع الى ما كان عليه من امتزاج سيالي المغناطيسية  
فيبطل فعله وسياتي الكلام على طرق التمكنط الدائم

٤٠٥ اذا قُدِّمت القطبة الشمالية من مغناطيس الى وسط  
قطعة حديد يحدث حلان ممتازان. لان كل نصف من القطعة

يصير مغناطيساً والقطبتان الجنوبيتان في الوسط والشماليتان عند الطرفين . وإذا قُدِّمت الجنوبية الى وسط القطعة تكون القطبتان الشماليتان لنصفها عند الوسط والجنوبيتان عند الطرفين . ثم اذا قُرِبت قطبة من مغناطيس الى مركز قطعة حديد لها هيئة النجم هكذا \* او لها هيئة دائرة بسيطة فنهاية كل نصف قطر لها نفس نوع المغناطيسية الذي للقطبة المقربة للحديد وللمركز النوع المخالف . ثم اذا مَسَّ قطبتا مغناطيسين متشابهتان طرفي قطعة من حديد يُصنع مغناطيسان كما اذا قُرِبت قطبة للوسط . وذلك بخلاف ما اذا مَسَّ قطبتان مختلفتان طرفي القطعة كل منها مَسَّ طرفاً فان تلك القطعة تصير حينئذ

شكل ١٩٧



مغناطيساً واحداً . غير ان قوته تكون مضاعف قوة مغناطيس نتج من الحل بقطبة واحدة . واذا قُدِّم قطبتا مغناطيس مختلفتان الى طرف واحد من قطعة حديد يكون حينئذ حلان مختلفان احدهما يحق قوة الاخر وقطعة الحديد لا تشمغط . فلا يظهر الجذب

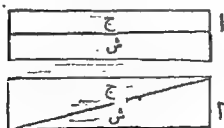
وعلى ذلك نقول اذا اخذت قطعة من

حديد اليرن لها شعبتان مثل س وعلقنا طرف احدى شعبتيها بالقطبة

الشمالية من مغناطيس مثل افطرها الاسفل يصير قطبة شمالية ويجذب قطعة اخرى من حديد كالمحتاج د . ولكن ان قدّم الى طرف الشعبة الاخرى القطبة الجنوبية من مغناطيس ثانياً فالمحتاج يسقط حالاً . وقد تقدم الكلام على سبب ذلك . وكل ذلك يسمى بالحمل المضاعف

٤٠٦ اذا تمغنط جسم فلا ينفصل سيالا المغناطيسية فيه احدهما عن الآخر كلياً بحيث ينفرد احد السيلين كله الى نصف واحد من الجسم والآخر كله الى النصف الاخر بل يبقيان ممترجين . غير ان كمية كل من السيلين على نصف واحد يكون حينئذ اكثر منها على الآخر . ودليلاً انه اذا قطعنا قطعة مغناطيس الى نصفين نرى حالاً ان كلا منها صار مغناطيساً بنفسه فلو وجد كل من السيلين في نصف من الجسم الممغنط دون الآخر لما صار كل من النصفين مغناطيساً تاماً له قطبتان مختلفتان بعد انفصالهما بالقطع بل كان كل نصف يحوي سيالاً واحداً . ويغلل عن ذلك ان السيلين كانا في الحديد غير الممغنط ممترجين على التساوي

شكل ١٩٨



في كل نقطة فاذا انفصلا حتى

يضير الواحد بجانب الآخر

يكون قطعها كمساحيتين

متساويتين كما يرى في الشكل

الاول من (شكل ١٩٨) حيث ش تدل على السيل الشمالي وج

على السيل الجنوبي. ولكن بعد تمغط الحديد يصير السيلان  
متحدين في كل نقطة بكميات مختلفة وإذا انفصلا يكونان كمساحتي  
مثلثين على الهيئة التي ترى في الشكل الثاني المساحة الأوسع من  
كل منهما تلي الأضيق من الآخر. فيكون قد وجد كل منها في  
كل جزء من الجسم غير أنها تتحد بكميات مختلفة في كل نقطة  
الأعند الوسط. ومتى قطع الجسم عند الوسط فالنصفان  
يتقاسمان السيلين بالتساوي بموجب الحل المغناطيسي اذ يكون  
احد السيلين زائداً عن الآخر في نصف والثاني زائداً عن الأول  
في النصف الآخر. وهذا القول يصدق على كل مغناطيس سواء  
كان طبيعياً أم صناعياً دائماً وقتياً. وكما أنه عند البعد الأوسط  
بين الطرفين تتساوى المساحة في كلا المثلثين كما لا يخفى من  
الهندسة كذلك كميتا السيلين في الوسط يتساويان فيصح  
أحدهما قوة الآخر هناك عند الخط الخنثي. ومن هذا يظهر أيضاً  
سبب كون القوة تتناقص كلما قربنا إلى الخط الخنثي كما تقدم. لأنه  
كلما قربنا إلى الوسط تقرب مساواة سيل إلى المغناطيسية كمساواة  
المساحة في المثلثين. ثم لا يقتضي إلى تنوهم أن القوة المغناطيسية  
يتوزع بعض منها على الحديد حينما يجذب المغناطيس بل الحديد  
اذ يصير ذاته مغناطيساً عند ما يمس المغناطيس يقتضي أن يصير

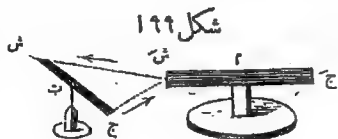


له قوة الحبل المغناطيسي ايضاً فيفعل على المغناطيس الاصلي ويزيد حل مغناطيسيته فيقوى فعله . وذلك يحدث بالفعل لان المغناطيس تزيد قوته بابقاء قطعة حديد متصلة بقطبتيه

٤٠٧ ان قوة المغناطيس تتناقص بالحرارة . فاذا اُحْمِيَ مغناطيس سواء كان طبيعياً ام صناعياً تنطرد كل قوته المغناطيسية . ثم اذا تبرد لا ترجع مغناطيسيته اليه ولكنه يمتخط بالصناعة كقطعة من حديد غير ممغنطة اذا اريد ذلك . وكذلك تتناقص قوة المغناطيس بسوء المعاملة كسقوطه على الارض وتطريقه واحثكاكة والسحن به وتنق ما يحمله

٤٠٨ وقد تزداد قوة المغناطيس باضافة قليل الى ما يحمله يوماً بعد يوم . فاذا فرضنا ان مغناطيساً يحمل ثقلًا مقداره اربع ليبرات فقد تزيد قوته باضافة ثقل صغير الى الثقل المحمول حتى يصير يحمل ست او ثمان ليبرات . ولكن ان اضعنا الى ما يحمله جسمًا ثقيلاً حتى يسقط فقوة المغناطيس عوض ان تزداد تتناقص جدًا حتى لا يعود يحمل اكثر من اربع ليبرات اذا حاولت ان تزيد قوته بموجب الطريقة المذكورة . وبتكرار تنق الحديد عن المغناطيس تتناقص قوته ايضاً بالتتابع . فاذا اريد اذا ازالة الحديد عن المغناطيس يقتضي جره باحتراس الى نحو الخط الخشن

٤٠٩ اذا قُرِبت ابرة مغناطيسية فتحرك بسهولة الى مغناطيس



اخر كما في (شكل ١٩٩)

نتجه الى جهة ما ويختلف  
اتجاهها باختلاف موقع

مركزها

مثالة ان كان مركزها ب في خط محور المغناطيس ش ج تبقى البرة  
تخطر حتى تستقر على خط هو على استقامة واحدة مع خط المحور وقطبها  
تتأذي قطبة المغناطيس المخالفة لها . وذلك لان ش تجذب ج الى النقطة  
القريبة وتدفع ش الى البعد الاقصى والقطبة ج من شأنها ان تدفع ج وتجذب  
ش ولكن لكونها ابعد عن ش قوتها اقل لان القوة المغناطيسية كالكهربائية  
وكالمجاذبية العمومية تتغير كربع البعد بالقلب فتبقى البرة تنذب الى  
ان قوة ش تلاشي ج وتثبت ج عندها . ثم اذا وضعت البرة بجانب المغناطيس  
بحيث يكون ب عند م على منتصف البعد بين ج وش تدور حيث تدور حتى  
تصير متوازية للمغناطيس وج تتأذي ش وص تتأذي ج . لانه على هذا  
الوضع اذ يكون البعد بين كل قطبتين مختلفتين واحداً يتجاذبان بقوة متساوية  
واذا وضع مركز البرة في اي مكان اخر تتخذ وضعاً منحرفاً على المغناطيس  
كثيراً او قليلاً ويمكن ان تجعل مائلة عليه على اي زاوية تراد . واوضاع

شكل ٢٠٠



البرة هذه جميعها تبين حالاً من النظر الى هيئة انتشار البرادة اذ يوضع

المغناطيس تحت ورقة والبرادة فوقها. فكل ذرة من البرادة تصير مغناطيساً بموجب الحل ويكون وضعها كوضع ابرة صغيرة مركزها الذرة. ففي (شكل ٢٠٠) البرادة عند الطرفين هي في خط المحور والتي في منتصف البعد من قطبة الى قطبة هي متوازية لقطعة المغناطيس وسائر الذرات بين الاماكن المذكورة مائلة على زوايا مختلفة جاعلة مخنياً يسمى بالمخني المغناطيسي

٤١٠ ان بين الكهربائية والمغناطيس مشابة من اوجه واختلافاً من اوجه

فإنشاهان في الخصائص الآتية (١) ان كلاهما مركب من نوعين الكهربائية الزجاجية والراتنجية والمغناطيسية الشمالية والجنوبية (٢) ان في كلا الحالين السوائل اللذين من نوع واحد يتدافعان واللذان من نوعين مختلفين يجاذبان (٣) قانون الحل في كليهما واحد (٤) القوة في كل منها تختلف بالقلب كمرجع البعد (٥) القوة في الحالين تستقر على سطوح الاجسام ولا تظهر داخلها

اما اوجه اختلافها فهي (١) ان الكهربائية قابلة ان تهيج في كل الاجسام وان تنوزع على الجميع. واما المغناطيس فيستقر في الحديد فقط وبالنادر في بعض معادن اخر. فلا يمكن ان يهيج في سوى الاجسام الحديدية الأنادراً (٢) كون الكهربائية تتقل من جسم الى آخر. واما المغناطيس فغير قابل لذلك. فان المغناطيس تظهر خواصه بالحل فقط الامر الذي لا يجعله يفقد شيئاً من سبيله (٣) انه اذا تكرب جسم ذو هيئة مستطيلة وقسم عند منتصفه فلا يزال كلا القسمين مكهربين بنوع واحد فقط من الكهربائية الذي كان لكل منهما قبل الانقسام. وانما اذا تمغنتت

قطعة او ابرة من فولاذ بالحل وتجزأت الى اجزاء عديدة فكل جزء مغناطيس تام بذاته وله قطبتان (٤) ان خصائص اتجاه المغناطيس شمال جنوب وتنتججة المختلفة وهي الميل والاختلاف السنوي واليومي والهبوط واختلاف الكثافة باختلاف الاماكن على سطح الارض كما سياتي جميعها مخصصة بالمغناطيس ولا دخل لها بالكهربائية

## الفصل الثاني

### في المغناطيسية بالنظر الى الارض

٤١١ ميل الابرّة. اذا توازنت ابرة على موازاة الافق بحيث تتحرك بسهولة لاتشير غالباً الى الشمال والجنوب تماماً. وزاوية انحرافها من خط الهرج يعبر عنها بميل الابرّة ويقال لها احياناً اختلافها. ويقال للدائرة السمتية اي الواقعة فوق سمت الراس التي تمر في الابرّة في مكان مفروض الهرج المغناطيسي لذلك المكان. ويقال في الميل شرقي او غربي بحسب انحراف القطبة الشمالية للابرّة عن الهرج الحقيقي. والميل عند اماكن مختلفة يكون غالباً مختلفاً. ويوجد اماكن حيث الميل  $10^{\circ}$  و  $20^{\circ}$  و  $30^{\circ}$  الى  $40^{\circ}$

غرباً وكذلك اماكن اخر حيث الميل ١٠ و ٢٠ و ٣٠ الى ٩٠ شرقاً

ولكن اذا تتبعنا النقط التي فيها الميل واحد ورسمنا خطاً يمر فيها جميعها فذلك الخط يسمى خط الميل المتساوي وجميع الخطوط المرسومة هكذا يقال لها خطوط الميل المتساوي. واما الخط المار في جميع الاماكن التي فيها تتجه الابرة الى الشمال تماماً يسمى خط اللاميل. وهذا الخط يحيط الكرة ولا ينحرف كثيراً في صمره عن دائرة عظمى على الارض. وخطوط الميل المتساوي مع خط اللاميل تشابه خطوط الطول الجغرافية

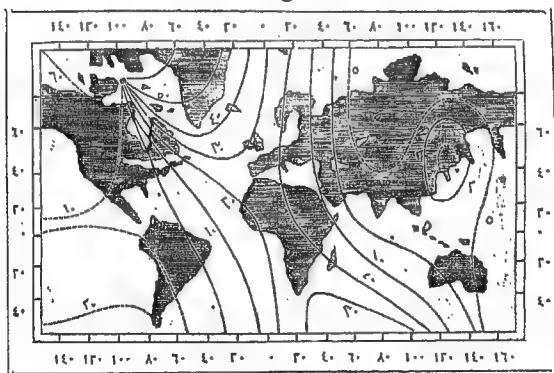
وخط اللاميل يبتدي من شمالي خليج هدسن في عرض ٧٠° ش. وطول ٤٥° ٦٦' غ. ثم يجري بعض درجات الى الجنوب الشرقي في خليج هدسن وبحيرة ايري وداخلاً الولايات المتحدة قرب الحد الشرقي من ولاية اوهايو بمحاذ في وسط ولاية فرجينيا ويدخل في الاوقيانوس الاثنتيكي قرب نيويورك في شمالي كركينا. ومن ثم يعوج قليلاً الى نحو الشرق جارباً قليلاً الى شرقي جزائر الهند الغربي قاطعاً جزءاً من الراس الشرقي من جنوبي اميركا ثم يمتد الى نحو القطبة الجنوبية. ولكن لا يمكننا ان تتبعه الى ابعد من عرض ٧٠° لعدم امكان المراقبات هناك

ثم في نصف الكرة الشرقي يظهر هذا الخط ايضاً عند جنوبي هولاندا الجديدة ويمضي الى الشمال ماراً بالقرب من وسطها. ومن ثم يعوج الى الغرب بمحاذاً ٥٠° من الطول ثم يتبع جهة الشمال الغربي قاطعاً بحر قزوين الى الاوقيانوس الشمالي. ويوجد ايضاً خط منفصل لاميل فيه يرسم هيئة يضي

يحيط بالجزء الشرقي من اسيا

ان خط اللاميل يقسم الكرة الى جزئين قريبين من التساوي يسمى احدها نصف الكرة الاطلنטיكي اذ كان يحوي الجانب الأكبر من الاوقيانس ويسمى الجزء الاخر نصف الكرة الباسيفيكي كذلك . وفي نصف الكرة الاول ميل الابرّة غربي وفي الثاني ميلها شرقي حيثما كانت ما عدا المساحة البيضاء المذكورة قبيل هذا ومقدار الميل الشرقي او الغربي بزداد بازدياد بعد الابرّة عن خط اللاميل . فان الميل في انكلترا هو  $54^{\circ}$  غرباً وفي كرينلاندا يتغير من  $50^{\circ}$  الى  $90^{\circ}$  غرباً وذلك لان القطبة المغناطيسية في الارض لا تطابق قطبتها كما سيأتي . وفي هذه الخارطة (شكل ٢٠١) ترى خط اللاميل وعلى جانبيه صفر وخطوط الميل المتساوي وعلى جانب كل منها عدد درجات الميل فيه

شكل ٢٠١



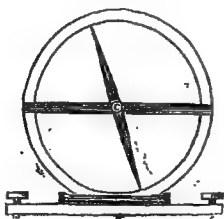
٤١٢ ان ميل الابرّة عدا تغيره بتغير البعد عن خط اللاميل يتغير من سنة الى سنة في اي مكان كان من  $2'$  الى  $5'$  . وما عدا التغير السنوي

يختلف ميل الابرة يوماً اذ تخطر الى الشرق والغرب. ففي الصيف يبلغ ذلك الى نحو ١° وإلى ٥° في الشتاء. ومن الساعة ٨ قبل الظهر الى ١ بعد الظهر الطرف الشمالي من الابرة يعوج من الشرق الى الغرب وترجع الى موضعها الاوسط صباح اليوم الثاني فحركة الابرة هذه يظهر انها متوقفة على جهة الشمس والريح انها نتيجة حرارها

٤١٢ هبوط الابرة. اذا وضعت ابرة مغناطيسية بحيث تتحرك بسهولة في سطح الحجر المغناطيسي من اعلى الى اسفل ومن اسفل الى اعلى فلا تكون على جانبي خط الاستواء على موازاة سطح الافق بل انما تهبط القطبة الشمالية منها في الاماكن التي هي في عرض شمالي عن سطح الافق. وزاوية الهبوط تزداد كلما تقدمت الابرة الى نحو القطبة الشمالية وتنقص كلما قربت الى نحو خط الاستواء حتى تصبح على موازاة الافق بالقرب منه. وهكذا يقال في القطبة الجنوبية من الابرة في الاماكن التي في عرض جنوبي. وهذا ما يقال له هبوط الابرة المغناطيسية. ويقال للنقط المار في النقطة التي فيها تكون الابرة على موازاة الافق ولا هبوط لها خط الاستواء المغناطيسي وللخطوط التي كل منها يمر في النقط حيث الهبوط واحد خطوط الهبوط المتساوي

ان خط الاستواء المغناطيسي هو غير قياسي نوعاً وهو واقع قرب خط الاستواء الارضي ولكنه يمر حول الارض ولا يجرد عنه اكثر من ١٢°. ففي

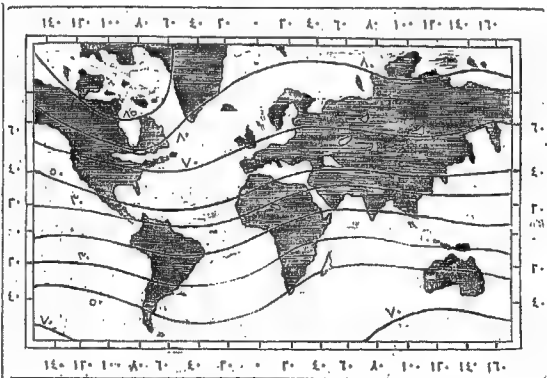
شكل ٢٠٢



كل مكان شمالي هذا الخط تهبط القطبة الشمالية. وفي كل مكان جنوبي منه تهبط الجنوبية. ودرجة الهبوط تزداد غالباً كازدياد البعد عنه حتى تصبح الابرة عند نقطة معلومة في نصف الكرة الشمالي

وعند اخرى في نصفها الجنوبي عمودية على الافق . ويقال للقطبين المذكورين قطبا الهبوط وتحسبان ايضاً قطبي خطوط الميل المتساوي . ففي ولاية انكلترا في اميركا الشمالية تمهبط الابرة كما في (شكل ٢٠٢) نحو  $70^{\circ}$  اما قطبة الهبوط الشمالية فقد وجدها القبطان روس سنة ١٨٣١ فكانت في عرض  $14^{\circ} 70'$  وطول  $40^{\circ} 46'$  غربي . واما قطبة الهبوط الجنوبية فلم تعرف لحد الان . ثم انه اذا فرض خط يمر في كل الاماكن حيث قطبة الابرة الشمالية تمهبط  $5^{\circ}$  مثلاً و آخر حيث تمهبط  $10^{\circ}$  الخ يرسم حول الارض صف من خطوط الهبوط المتساوي يشابه خطوط العرض المتوازية اذ تكون قطبتها قطبة الهبوط الشمالية والجنوبية المذكورتين . وهذه الخطوط هي اعظم انتظاماً جداً من خطوط الميل المتساوي . وفي هذه المخرطة (شكل ٢٠٣) ترى خط الاستواء المغناطيسي في الوسط وبقره صفر وخطوط الهبوط المتساوي وبقره كل منها عدد درجات هبوط الابرة فيه

شكل ٢٠٣



٤١٤ ان قوة المغناطيس الارضي ليست على حدٍ سوى في



كل مكان على سطح الارض ولكنها تزداد غالباً بالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو كل من القطبتين والخطوط التي كل منها يمر في كل الاماكن حيث القوة متساوية تسمى خطوط الكثافة المتساوية

فتوهم خطوط مغناطيسية مرسومة حول الارض فيحصل من ذلك انتظام خطوط ثالث وهذه الخطوط المنحنية تمر شرق غرب حول الارض ولكنها ليست منتظمة كخطوط الهبوط المتساوي . وفي الاصقاع القطبية تنقسم الى نظامين ينتهيان في قطبتين عند القطبة الشمالية من الارض وقطبتين عند القطبة الجنوبية واحدى القطبتين الاوليين منحرفة قليلاً الى الشمال الغربي من بحيرة سويسر يور عرض  $52^{\circ}$  وطول  $92^{\circ}$  . والاخرى في في الاوقيانوس الشمالي شمالاً من اسيا في عرض  $85^{\circ}$  شمالاً وطول  $16^{\circ}$  شرقاً . ويقال لهاتين القطبتين المحترقان المغناطيسيان . واما المحترقان الجنوبيان فواقعان في شكل هليلجي تقريباً مركزه في جنوبي هولندا الجديدة في عرض  $64^{\circ}$  ج وطول  $137^{\circ}$  شرقاً . وكثافة مغناطيسية الارض العظمى هي نحو ثلثة اضعاف الدنيا

ونقاس كثافة مغناطيسية الارض بعدد الخطرات التي تخطرها ابرة مغناطيسية في وقت مفروض . فاذا حركت ابرة هابطة عن مقرها فمغناطيسية الارض ترجعها الى موقعها الاول واستمرارها يجعلها الى ابعد من مقرها الاول ومن ذلك ينتج عدة خطرات . وكثرة الخطرات تتوقف على قوة فعل المغناطيس . فاذا اعتبرنا عدد الخطرات التي تخطرها ابرة واحدة في اماكن مختلفة من الارض في اثناء وقت مفروض كعشر دقائق مثلاً يمكننا ان نقيس كثافات مغناطيسية الارض في هذه الاماكن لان الكثافة تختلف كربع عدد الخطرات في وقت مفروض

٤١٥ ان اتجاه القطبة الشمالية من الابرّة المغناطيسية الى نحو الشمال والجنوبية الى نحو الجنوب تقريباً وموازية الابرّة لسطح الافق عند خط الاستواء المغناطيسي وهبوطها كلما قربت من القطبتين المغناطيسيتين كما اذا قربت الى مغناطيس آخر حسباً مرّ (رقم ٤٠٩) وازدياد كثافة المغناطيسية كلما قربت الابرّة من القطبتين تحملنا على ان نظن ان محور الارض مغناطيس مستطيل يوصل بين قطبتها وهو الذي يسبب اتجاه الابرّة الى الشمال والجنوب وهبوط الابرّة بموجب قوانين المغناطيسية

ومن حيث ان قطبة مغناطيس تجذب القطبة المخالفة لها من مغناطيس آخر كما تقدم ينتج لنا اننا اذا حسبنا القطبة المتجهة الى الشمال من الابرّة شمالية يقتضي ان تكون القطبة الشمالية من مغناطيس الارض المشار اليه جنوبية والقطبة الجنوبية منه شمالية . وذلك بخلاف الاصطلاح الدارج . ويظهر ان ثقل الابرّة بعد التمهيط لا يزيد عنه قبل التمهيط . واذا وضعنا ابرّة مغناطيسية على فليئة عائمة على ماء توقع ذاتها حالاً موقع العنبر المغناطيسي . ولكنها لا تتقدم الى الشمال او الجنوب . ومن ذلك ينتج ان فعل الارض على ابرّة مغناطيسية لا يؤثر فيها سوى توجيهها الى الشمال والجنوب وان جاذبية الارض لقطبة واحدة من الابرّة يساوي دفعها للآخرى تماماً لان فرق البعد بين قطبة الارض المغناطيسية واحدى قطبتي المغناطيس وبينها وبين الاخرى بحسب كلاشي بالنسبة الى بعد قطبة الارض

## الفصل الثالث

### في التمغط الصناعي ووقاية المغناطيس

٤١٦ التمغط الصناعي طريقتان يقال لاحدهما اللبس المفرد  
والاخرى اللبس المزدوج .

اما الاولى فهي ان يؤخذ قطعة الحديد او الفولاذ التي يراد تمغطها مثل  
اب كما في ( شكل ٢٠٤ ) وتوضع على القطبتين المتقابلتين ش ج من  
مغناطيسين قويين .



فمن شأن القطبة  
الشمالية ش ان تجذب  
السيال الجنوبي من

القطعة الى نحو الطرف ب وان تدفع الشمالي الى نحو الطرف ا . ومن شأن  
القطبة الجنوبية ج ان تدفع السيل الجنوبي الى نحو الطرف ب وتجذب  
الشمالي الى الطرف ا . ففي برهة نستحيل القطعة اب على هذا الاسلوب الى قطعة  
مغناطيس قطبتها الشمالية عند ا والجنوبية عند ب . وقد نصير عملية التمغط  
اعجل جداً بموجب الكيفية الآتية . وهي ان توضع قطعنا مغناطيس س ود  
بلامسة القطعة التي يراد تمغطها عند نقطة المنتصف . ولكن بدون ان تلامس  
احدها الاخرى . ولتكن كل من زاويتي ميلها على القطعة ٣٠° . ولتخاذهي  
القطبة الشمالية من المغناطيس د الجانب ب والجنوبية من س الجانب ا . جر  
القطعتين س ود على جهتين متقابلتين من وسط القطعة اب الى نحو

نهايتها ممسكا احدها باليد اليمنى والاخرى باليسرى . ثم ارفعها عن القطعة وضعها ثانية كما تقدم عند نقطة المنتصف وجرها الى نحو الطرفين . وبعد ما تدلك القطعة دلكتا كافيا على جانب واحد يجب قلبها وتكرار ذات العملية المذكورة على الجانب الاخر . وهذه الطريقة قد تستعمل لتمغنط ابر الحك والقطع التي يمكنها لا يزيد عن ثمن عقدة

٤١٧ اما طريقة اللمس المزدوج فتجري على القطع ذات السمك الوافر لكونها اعظم فعلا من الاولى المذكورة وهي كما يأتي

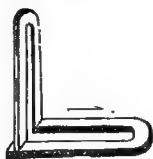
ضع المغناطيسين س و د كما وضعنا سابقا عند المنتصف (شكل ٢٠٤) غير ان زاوية ميلها على القطعة اب يقتضي ان تكون  $١٥^\circ$  او  $٢٠^\circ$  . ويجب ان يدخل قطعة صغيرة من خشب بين المغناطيسين س و د لكي تمنع تلاصقها . ثم حرّك المغناطيسين معا اولاً الى نحو الطرف الواحد من القطعة ب ثم رجها الى نحو الطرف الاخر ا مارّين على طول القطعة كله . ثم جرها ايضا على القطعة الى ب وهكذا كرّر العمل الى امام والى خلف من عشر مرات الى عشرين . وبعد ان تدلك القطعة بالكفاية على الجانب الواحد يجب قلبها وتكرار العملية نفسها على الجانب الاخر . ويجب الاحتراس من عدم ذلك كل من الطرفين مرات متساوية لمرات ذلك الاخر ومن ان القطبتين السفليتين من المغناطيسين الدالكين يتجاوزان طرفي القطعة . ويستحسن وضع قدة من خشب بين المغناطيسين اللذين تحت القطعة . وهذه الطريقة تجعل درجة مغناطيسه قوية

٤١٨ واما مغناطيس نضوة الفرس فيمغنط على الكيفية

الآتية

وهي ان يوضع مغناطيس نضوة الفرس عمودياً على القطعة التي يراد  
تغطيتها من نفس هذه الهيئة كما في (شكل ٢٠٥)

شكل ٢٠٥



وتحرك من الطرفين الى مكان الانحناء او  
بالخلاف . ثم يرجع دائراً في قوس الى  
النقطة التي ابتدا منها . ويقضي وضع قطعة  
من حديد عند قطبي القطعة التي ستحل

مغناطيسيتها . ولا يخفى ان كلا المغناطيسين يجب ان يكون عرضها واحد

٤١٩ وقاية المغناطيس . من حيث ان المغناطيس تضعف

مغناطيسيتها بطول الزمان وكثرة الاستعمال يقتضي استعمال  
وسائط لوقايتها من ذلك . لان السوائل اللذين قد انحلا في  
المغناطيس يميلان الى الاتحاد كما مر فبطول الزمان يقتربان من  
الاتحاد . وبكثرة الاستعمال لا يسلم المغناطيس من سوء المعاملة  
ولو بغير قصد كتنق الحديد عنه ورميه على جسم صلب وغير  
ذلك من الامور التي تنقص مغناطيسيتها كما تقدم

فاذا كان المغناطيس مستقيماً فاحسن لوقايتها ان يوضع معه مغناطيس

شكل ٢٠٦



آخر على موازاة في صندوق بحيث  
تخاذي كل من قطبي الواحد  
المخالفة لها من قطبي الآخر كما في  
الشكل . ويوضع عند طرفيها

قطعتان من حديد . فهاتان القطعتان اذ تكونان قد تغططنا بالحل تغلان  
ايضاً بالمغناطيس بان يجذب كل من سباليها السبال الخالف له ويدفع

المجانس ويدوام فعلها يحفظان السيلين في حالة الحل الذي هو علة ظهور القوة المغناطيسية كما اشرنا سابقاً . وايضاً بواسطتها تزيد تقوية كل من المغناطيسين الآخر . وإذا كان المغناطيس من شكل نضوة الفرس او اللامين المعلقين يكفي لحفظ مغناطيسيتها ان يوضع قطعة من حديد لكي تلتصق على طرفيه

٤٢٠ الحك . ان معرفة خاصية اتجاه المغناطيس الى الشمال قد افادت جداً في معرفة الجهات التي تحتاج اليها النوتية في البحر والمساحون والتائهون في القفار وغيرهم لاجل تحقيق جهة الشمال منهم او معرفة انحراف مكان آخر عن شاليم او عن جنوبهم . ولا يخفى ان من يعرف جهة الشمال منه يعرف الجنوب اذ كان الثاني يقابل الاول على خط مستقيم ومنها يعرف شرقية وغربية لكون الخط الذي يمر شرق غرب هو عمودي على الخط الذي يمر شمال جنوب عند موقع الشخص فمعرفة الشمال تفيد معرفة الجهات الاربع . فكانت معرفة الخاصية المذكورة للمغناطيس سبباً لاصطناع الحك الذي الجوهري فيما يخويه من المواد ابرة مغناطيسية تدور الى الشمال . ولا يخفى ان فائدة الحك هي عظيمة ومعتبرة جداً لانه قبل ايجاده لم يكن يتجرأ ربان مركب ان يشط في الاوقيانس المتسع خوفاً من انه يضل فيه فيهلك كهناً ولا يعلم فيه احد لعدم معرفته جهة طريق الرجوع الى البر ولم يكن يدري ان يسير في الطريق

الاقرب في خط مستقيم الى حيث هو قاصد لعدم معرفته  
 جهة مسيره تماماً وجهة المكان المقصود الا بطرق استقرائية  
 كملاحظته بعض جبال او اماكن اخرى على البر او مراقبته  
 بعض النجوم . والذين ترحلوا في البوادي كعرب البدو او  
 النزموا ان يضربوا فيها كبعض القوافل اضطروا ان يدرسوا  
 مواقع مجاميع النجوم واسماءها واسم كل نجم بمفرده لكي تكون لهم  
 دلائل على جهات المسير ولذلك كانوا بالاجمال امهر من غيرهم  
 في هذا الفن . والآن يستخدم الحك كثيراً في البوادي فيساعد  
 ويفيد جداً في معرفة الجهات . وكل من درس فن المساحة يعرف  
 نفع الحك في قياس زوايا اضلع قطعة من الارض لمعرفة مساحتها .  
 ولا يخفى انه عند ارادة التدقيق في معرفة انحراف مكان عن الجهة  
 الشمالية من الحك يجب ان يضاف او يطرح ميل الابرة الذي  
 مرت الإشارة اليه ( رقم ٤١١ ) بحسب الاقتضاء في المكان الذي  
 فيه الحك ما لم يكن في خط اللاميل . ومن كان له خاتمة مغناطيسية  
 متسعة مدققة يعرف منها ميل الابرة لاي مكان فيصلح خط الميل  
 اما ابرة الحك فمدخل في مركزها حجر صلب كالماس له  
 تجويف مخروطي يستقر على ملائ مروس لكي يقل فرك الابرة  
 عليه فتدور بسهولة . وهذا الملائ مصنوع من فولاذ صلب

مروس مركزي في وسط قعر العلبة وموضوعة عليه الابهرة. وكل ذلك ضمن علبة مستديرة مغطاة بزجاج. وحول حافة العلبة دائرة مقسومة الى درجات قطرها اقل قليلاً من طول الابهرة مركزها رأس الملاث المذكور. وما عدا الدائرة المذكورة توجد دائرة في قعر العلبة مقسومة الى اثنين وثلاثين قسماً والنقط التي تقسمها تسمى نقط الحك بين كل ربع ثمانية اقسام. وفي حك البحر يلصقون الابهرة بكرتونة تدور معها. اما علامة الدليل في الحك فهي خط طولي على حافة العلبة ترسمه دائرة سمتية تمر بمقدم المركب ومؤخره. والدرجات على الكرتونة الملتصقة بالابهرة التي تشير اليها علامة الدليل هي زاوية انحراف جريان المركب عن الشمال او الجنوب الى الشرق او الغرب. وهرباً من ارتجاج الابهرة بحركة المركب يجعل لعلبة الحك محور يدخل طرفاه في حلقة افقية لكي يتحرك على محوره وللحقة المشار اليها محور مدخل طرفاه في طرفي نصف حلقة سمتية مثبتة. وبذلك تبقى علبة الحك افقية تماماً كيفما اضطرب المركب. واستيفاء الكلام بشأن الحك من متعلقات فن حساب المثلثات والمساحة



# الباب التاسع

في الكهرباء المغناطيسية وفيه مقدمة وثمانية فصول

## المقدمة

في تحديد الكهرباء المغناطيسية وتأثير الجرى الكهربائي في

الابرة المغناطيسية

٤٢١ الكهرباء المغناطيسية هي قسم من الفلسفة الطبيعية

يبحث فيه عن الحوادث الطبيعية الصادرة عن تفاعل الكهرباء  
والمغناطيسية معاً

انه سنة ١٨١٩ اكتشف العلامة ارستد من كوبنهاغن انه اذا جرى

مجرى كهربائي على موصل من شريط معدني ووضع على موازاة ابرة مغناطيسية

متجهة الى الشمال سواء كان وضعه فوقها او تحتها او على احد جانبيها تدور

حتى تصبح عمودية عليه. فان كان الشريط فوق الابرة والمجرى الكهربائي يمر

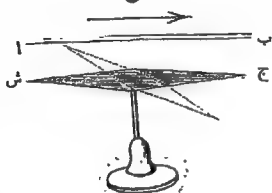
عليه من الشمال الى الجنوب تنحرف قطبها الشمالية الى الشرق او تحتها فالى

الغرب. وان كان على الجانب الشرقي ومرور الجرى ايضاً من الشمال الى

الجنوب تنحرف القطبة الشمالية الى تحت او على الجانب الغربي فالى فوق

وتنعكس كل هذه الانحرافات اذا انعكست جهة المجرى الكهربائي  
مثالة في هذا الشكل ليكن الشريط المعدني ا ب والابرة المغناطيسية

شكل ٢٠٧



ش ج . فان كان ا ب فوق الابرة  
والمجرى الكهربائي يمر من ا الى ب  
اي من الشمال الى الجنوب تنحرف  
القطبة ش الى الشرق وان كان  
تحتها فبالعكس . وان كان على  
جانبا الشرقي تنحرف ش الى تحت

وان كان على الجانب الغربي فبالعكس وكل ذلك ينعكس اذا تغير المجرى  
الكهربائي يجعله يمر من ب الى ا اي من الجنوب الى الشمال . ولكونه يصدر  
عن اختلاف وضع الشريط ومجرأه ووضع الابرة احوال عديدة لا تحصى فيحسن  
لاجل سهولة الحفظ ان تكون قاعدة مختصرة عمومية لمعرفة كل من تلك  
الاحوال وقد وضعت لذلك هذه القاعدة . وهي

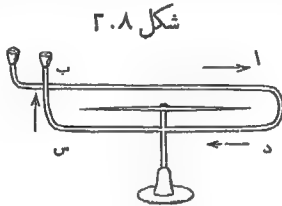
اذا توهمت نفسك منطرحاً تحت المجرى او فوقه بحيث تجري  
الكهربائية الموجبة من راسك الى نحو قدميك وقطبة المغناطيس  
الشمالية تجاه وجهك فهذه القطبة تنحرف ابداً نحو اليمين

فاذا اعتبرت هذه القاعدة جيداً تهتدي دائماً الى جهة القطبة الشمالية  
من الابرة المغناطيسية الموضوعة قرب مجرى كهربائي . ويجب على التلميذ ان  
يحفظها جيداً ويجري بهوجهها لكي يرشد في جميع الاحوال . ولا شك انه اذا  
انحرفت القطبة الشمالية من مغناطيس الى اليمين تنحرف الجنوبية الى اليسار

## الفصل الاول

### في الكلفنومتر

٤٢٢ انه بعد ان اكتشف العلامة ارستد الامر المذكور اصطنع من ذلك مقياساً لمعرفة وجود السيل الكهربائي مثل الالكترومتر سي كلفنومتر اي مقياس الجرى الكلفني.



فاذا التوى الشريط الموصل ابس د كما في (شكل ٢٠٨) حتى يصير يبضي الشكل محيطاً الابرّة ومرّ عليه مجرى

فالجزء من الجرى الذي تحت الابرّة يزيع القطبة الشمالية الى نفس تلك الجهة التي يزيعها اليها الذي فوق الابرّة كما لا يخفى من ملاحظة القاعدة المارّة. او كلا جزئي الشريط يميلان القطبة الجنوبية في الجهة المتقابلة حتى تزوغ الابرّة بمضاعف القوة التي تزيعها شريطة مفردة مستقيمة. واذا التف الشريط لثنتين حول الابرّة تتضاعف كذلك قوة الجرى لازاحة الابرّة. واذا التف الشريط مئة مرة تزداد تلك القوة مئة ضعف. ولكن يجب ان يغطّى حينئذ الشريط بحرير ملفوف عليه او بمادة اخرى فاصلة لكي تمنع مرور الجرى الكهربائي من لفّة الى اخرى في طريق مستقيم. فاذا اصطنع كلفنومتر على هذا الاسلوب يظهر ادنى اثر للكهربائية على الشريط بدوران الابرّة

٤٢٣ الآلة التي هي على هذا الأسلوب سميت بالمضاعف أيضاً لازدياد مفعول المجرى الكهربائي بها. أما طرفا شريط الكلفنومتر فيقتضي أن يقبها سائين لكي يرسل المجرى الكهربائي ماراً بالطرف الواحد في كل طول الشريط إلى الطرف الآخر. وأما الأبرة فتعلق بنحيط من حرير خام وتوضع تحتها دائرة كوجه الساعة مفروص عليها درجات. ولأجل حفظ الآلة من مجاري الهواء تغطي بغطاء من زجاج. وعند ما يقتضي استعمال الآلة يجب أن توضع بحيث تكون لفات الشريط متجهة في جهة الحجر المغناطيسي. فإذا لم يمر مجرى فالأبرة تستقر حيثئذ في جهة اللفه وإنما مرور مجرى كهربائي يصدر عنه زيفان دائم للأبرة

٤٢٤ الكلفنومتر الاستاتيكي. إن مغناطيسية الأرض تقاوم زيفان الأبرة المغناطيسية في الكلفنومتر المذكور قبيل هذا لأنها تجذب قطبها الشمالي إلى جهة الشمال كما تتركز في المغناطيسية فلأجل إزالة هذا المحذور وضعوا أبرة فوق أبرة كما في هذا الشكل بحيث يعكس وضع قطبيهما أي بحيث يجعل قطب الواحدة الشمالي فوق قطب الأخرى الجنوبي فإن فعل مغناطيسية الأرض يبطل حيثئذ لأنه بقدر ما تجذب قطبة الأبرة



الواحدة تدفع قطبة الثانية إذ تجذب قطبة الثانية قطبة الأولى. ولكون الإبرتين لا تميلان حيثئذ إلى الثبات في جهة واحدة سمي هذا الكلفنومتر بالاستاتيكي وهي لفظة يونانية معناها غير ثابت. غير أنهم لأجل بقاء قوة طفيقة جداً قلما تؤثر مقاومتها لكي تميل الأبرة إلى أن تكون على جهة ثابتة عند عدم فعل المجرى الكهربائي. قد رأوا أن يجعلوا قوة احتلاها وهي السفلى اعظم من الأخرى. وشكل ٢٠٩ يرينا المواد الجوهريّة في الآلة وأما البراغى والمواد الأخرى

المصنوعة لاجل جعل سطحها أفقياً أو لاجل غايات اخر فلا داعي موجب  
تصويرها

## الفصل الثاني

### في حركة مغناطيس حول شريط موصل

٤٢٥ لما كانت شريطة حاملة المجرى الكهربائي من طبعها ان تميل  
القطبة الشمالية من قطبة مغناطيسية الى نحو اليمين فقد يُعمل باعتبار ذلك  
تدبيراً به يحمل المجرى الكهربائي حركة دائمة لاحدى قطبتي المغناطيس حول  
الشريط الموصل. ففي هذا الشكل ترى وعاء من زجاج ملاً نأزيباً الى قرب  
الشفة. اقضيياً مغناطيسياً مربوطاً بخيط دقيق

شكل ٢١٠

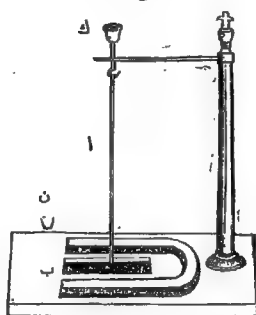


في الشريط الموصل ب الذي يمر في قعر  
الاناء ولنفرض قطبة الشمالية عند طرفه الأعلى ا  
والشريطة س متصلة باحدى قطبتي بطارية  
فولطائية حتى يمر مجرى عليها الى الزينق ومن  
ثم بالشريطة ب الى البطارية. وهذا المجرى  
يدفع القطبة الشمالية س من المغناطيس الى

اليمين بموجب ما نقرر سابقاً وبجعلها تدور حول الشريط في جهة دوران  
عقري الساعة اذا كان المجرى الموجب يمر من س الى ب كما يدل عليه السهم.  
واذا انعكس المجرى ينعكس دوران القطبة س. وكذلك اذا جعل المغناطيس  
ثابتاً والشريط مربوطاً متحركاً يتحرك الشريط في جهة خلاف مجرى عقارب

الساعة. لانه كما يحصل فعل يحصل انفعال وقد امتحنوا ذلك بطرق مختلفة  
 لنفرض (شكل ٢١١) ان اشرطة من بلاتين معلقة عرونها بشريطة  
 من نحاس متصلة بالكاس ك المحنوي زيبقا . وطرف الشريطة البلاتين  
 الاسفل مغموس في حوض صغير من زيبق ب الذي يتصل بكاس صغير

شكل ٢١١



ايضاً محنويًا زيبقا لاجل انمام الدائرة الكهربائية. والشريطة امعلقة لتتحرك بسهولة  
 بين القطبتين ش وج من مغناطيس نضوة الفرس . فاذا مرَّ مجرى فولطائي  
 في الشريطة ا بدفع القطبة ش من المغناطيس نحو اليمين ورد الفعل من  
 المغناطيس على المجرى بدفع الشريطة نحو اليسار والقطبة ج من المغناطيس  
 تنفخ مع القطبة ش في دفع الشريطة على الجهة المرقومة . فالشريطة تتخذ  
 بذلك الى خارج الزيبق ويتقطع المجرى حينئذٍ ويبطل مفعوله الى ان تقع  
 الشريطة بثقلها ايضاً الى الزيبق وعند ذلك يتكرر العمل وهم جراً فتتذبذب  
 الشريطة الى خلف وإلى امام بسرعة كلية

## الفصل الثالث

### في فعل المغناطيس على حلقة موصلة

٤٢٦ اذا التفت شريط موصل لمجرى كهربائي بهيئة دائرة فوجه من الدائرة تجذب القطبة الشمالية من مغناطيس والوجه الآخر تجذب الجنوبية. ليكن ن وت

شكل ٢١٢



لوحى بطارية فولطائية صغيرة معلقين بفيلينة ذات مقدار كافٍ لان يجعل اللوحين يعومان في حامض مخفف وليوصل بين اللوحين بشريط نحاس ش بصورة دائرة . فيجري حيثئذ مجرى كهربائي من لوح النحاس ن ماراً في الشريط المستدير راجعاً الى لوح التوتيت. فاذا نظرنا الى جانب واحد من سطح الدائرة يظهر لنا ان الجرى يدور في جهة

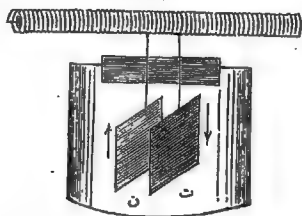
دوران عقارب ساعة وانما اذا نظرنا الى الجانب الآخر يظهر ان الجرى يدور في جهة عكس الاولى . ثم اذا اُحضرت قطبة شمالية من مغناطيس الى الاول فالشريط يجذب بالمغناطيس وان اُحضرت قطبة جنوبية الى ذلك الجانب فالشريط يندفع . وباستعمال شريط اطول ولقوة عدة مرات في دائرة يزداد جداً فعل المغناطيس . وكل ذلك يجري على القاعدة المذكورة سابقاً لان الوجه الذي يجري فيه الجرى على جهة دوران عقارب الساعة يجذب القطبة الشمالية ليجعلها عن يمينك اذا توهمت الجرى ماراً على راسك كما في القاعدة ويدفع

المجنوبة لذلك

٤٢٧ فعل مغناطيس بلفة موصلة. ان فعل المغناطيس بالشريط الموصل  
لمجرى كهربائي يكون اقوى جداً اذا التفت الشريطة لفاً حلزونياً على سطح  
اسطوانتي

لتدخل الشريطة المتصلة بلوح النحاس كما في (شكل ٢١٢) في ثقب  
مصنوع في جانب اسطوانة فارغة كريشة طويلة مثلاً ولتمر في المحور الى طرف  
واحد من الاسطوانة. ثم تلفت لفاً حلزونياً حول خارج الاسطوانة الى الطرف

شكل ٢١٢



الأخر ولترجع في محور الاسطوانة وتخرج قرب الوسط وتوصل بلوح التوتيا من  
البطارية. فهذه الطريقة يمر المجرى في كل طول الشريطة ويمر في كل  
لفة على جهة واحدة. فطرف واحد من اسطوانة كهذه تجذبه بقوة عظيمة القطبة  
الشمالية من مغناطيس وتدفعه الجنوبية. وهذا التدبير ما سماه امير الفرنسي  
الكتور د بينياميك لفظة يونانية معناها كهربائية قوية لظهور قوة الكهربائية  
فيه. ويظهر ان لهذه الاسطوانة خصائص المغناطيس. لان مغناطيسية الارض  
تفعل بها بان تركرها على جهة العبر المغناطيسي اذا جعلت تحرك بسهولة كما  
اذا اثبت طرفا الشريطة الموجب والسالب بقطعة فلين تعوم على الحامض  
المخفف كما في الشكل. واذا قربت اليها اسطوانة اخرى مصنوعة على اسلوب  
هذه فالقطبتان المتجاورتان تتجاذبان والمتفتتان تدافعا وبين كل منهما



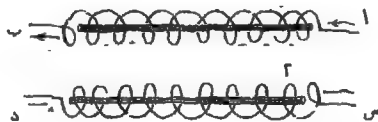
والمغناطيس تجاذب وتدافع كما بين مغناطيسين

## الفصل الرابع

### في التمغظ بجري كهربائي

٢٢٨ ان اللفة الموصلة لجري كهربائي المذكورة آنفاً تجذب القطبة الشمالية بحيث تجعلها عن اليمين اذا تصورت الجري الكهربائي يمتاز من راسك الى قدمك كما مرّ وتبني تجذبها حتى تدخل في جوفها . وانما اذا ادخلنا في جوف اللفة قضيباً من حديد وفولاذ فالحديد يتمغظ تمغظاً قوياً بلحظة ويجذب برادة الحديد ويقال له حينئذ المغناطيس الكهربائي . والفولاذ يتمغظ تمغظاً مستديماً ويكون موقع قطبتي كل منها كالمغناطيس الاصلي لو دخل جوف اللفة . فاذا مرّ الجري الكهربائي الموجب على الشريط وكان ملفوفاً على الاسطوانة دائراً على جهة دوران عقارب الساعة ونوهمت نفسك واقفاً تجاه اللفة بحيث يمرّ الجري من راسك الى قدمك وادخلنا قضيباً من

١ شكل ٢١٤

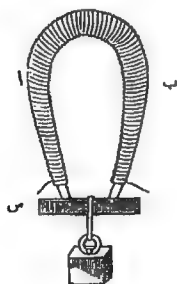


حديد في جوف الاسطوانة يصير مغناطيساً قطبة الشمالية عن يمينك . وان ادخلنا التضبب في اسطوانة اخرى فيها كان الشريط دائراً على خلاف جهة دوران عقارب الساعة فبالعكس كما ترى (شكل ٢١٤) . فان القطبة الشمالية تكون عند ب في الشكل الاول والمجنوية عند د في الثاني وبالعكس

عند اوس اذ يفرض ان المجرى الكهربائي جارٍ مجري السهام والشريط في الاول يدور على مجرى عنارب الساعة وعلى خلاف جهة في الثاني . واما الفولاذ فيصير مغناطيساً دائماً موقع قطبه كموقع قطبة الفضة الحديدية . وكلما تكررت اللغات الى ذات اليمين وذات الشمال زاد الفعل المغناطيسي فقد يلفون احياناً من الشريط نحو ٢٠٠ ذراع على اسطوانة من كرتون على طرفيها قرصان فاصلان من الكوتا برخا او الزجاج بهيئة بكرة واحياناً اقل او اكثر . وذلك ما يقال له حيثز لفة الحدة او المجاورة . ولجل منع تجاوز المجرى من لفة الى اخرى على خلاف جهة جريان الشريط تفصل الشريطة بلف خيطان حرير او قطن عليها

٤٢٨ فعل مجرى لفائف الحدة . قد تقدم ان الحديد يتغنت بتغنتاً وقتياً اذا كان موضوعاً داخل اللفة فينتج انه اذا انقطع المجرى يرجع حديداً . فاذا امسكت اللفة ذات المحور الحديد عمودية على الافق وجرى فيها المجرى

شكل ٢١٦



شكل ٢١٥



الكهربائي فالتصويب من الحديد ب يتعلق فيها . واذا كانت البطارية كبيرة

واللغة ذات شريط مستطيل يمكن ان يعلق في القضيبة ثقل جسم وكلاهما يتعلقتان بدون رباط ظاهر بل بقوة مغناطيسية . وحالما يبطل المجرى الكهربائي نزول المغناطيسية فيقع الحديد المجدوب . ويقال لمغناطيس وقتي كهذا مغناطيس كهربائي . وقد اصطنع مغناطيس كهربائي على اسلوب اخر اقوى جدًا من المذكور . وهو ان يلوى اسطوانة ضخمة من حديد لين اب (شكل ٢١٦) حتى نصير قضوية اي بهيئة قضوة الفرس ويلف عليها شريط نحاس ملفوف عليه فاصل كحيط حرير . فاذا مرّ مجرى كهربائي في الشريط فالحديد يصير مغناطيساً قوياً ويرفع مقداراً ثقيلاً بواسطة الحاملة من التي هي من حديد لين لاصقة بقطبيه . وقد عمل العلامة هنري تجربة مثل هذه فلف على قضوة الفرس من حديد لين ٧٢٨ قدماً من شريط نحاس واستعمل بطارية مساجة التوتيا فيها خمسة اقدام مربعة فحمل هذا المغناطيس ٣٧١ رطلاً . وقد صنع مغناطيساً اخرى تحمل ٧٢٠ رطلاً . ولا يخفى انه اذا انعكس المجرى الكهربائي انعكس القطبتان حالاً . وحالما يبطل المجرى نزول المغناطيسية بسرعة

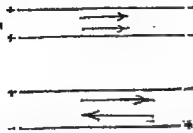
## الفصل الخامس

### في تفاعل مجاري كهربائية

٤٣٩ ان شريطين متوازيين حاملين مجريين كهربائيين يتجاذبان اذا جرى المجرى في جهة واحدة . ويتدافعان اذا جريا في جهتين متقابلتين

ففي (شكل ٢١٧) ترى السهام والعلامات + و- تدل على جريان

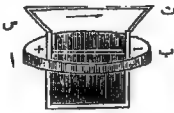
شكل ٢١٧



المجري . فمتى كان الجريان متفقين  
كالشكل الاول يجاذب الشريطان  
ومتى اختلفا كالثاني يتدافعا فيشابهان  
حيث تدفع مغناطيسين كما لا يخفى

ولا يضاج ذلك لنذكر تجربتين احدهما بطارية صغيرة كهذا الشكل ذات

شكل ٢١٨

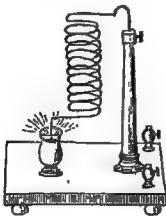


لوح توتيا ملمغم ولوح نحاس او توتيا  
وبلاتين مثبتين في قطعة من فلين اب لكي  
يعوما قطباها الابجائي والسلي متصلان  
بوصلة شريط س ت . فاذا عام اللوحان في

حامض مخفف وجرى مجرى كهربائي على جهة السهم ووصلت بين قطبي  
بطارية كروف اوسمي بوصلة من شريط طولها مناسب وقربتها بيدك لكي  
تكون متوازية للشريط س ت فان كان الجرى جاريا في جهة جريان مجرى  
س ت فاللوحان العائمان بواسطة الفلينة يجذبان الى الشريطة في يدك  
والا يتدفعان . وان لم يكن الشريطان متوازيين فالجري المتحرك يميل ان يقع  
موقع التوازي

التجربة الثانية التي بها يتضح ايضا جاذبية موصلات متوازية هي كما ترى  
في ( شكل ٢١٩ ) . فالموصل هنا ملفوف لفافا حلزونية معلق طرفه الاعلى

شكل ٢١٩



براس عمود معدني متصل بقطبة واحدة  
في بطارية وطرفه الاخر مغموس في الزيت  
الموضوع في كاس من زجاج المتصل بقطبتها  
ال اخرى . فعند مرور الجرى الكهربائي كل  
ثنية من اللفة تجذب التي تليها لكون الجرى  
عليها جاريا الى جهة واحدة فتتصر اللفة

ويرتفع الطرف الاسفل من الزئبق وحينئذ ينقطع الجرى بظهور شرارة كهربائية  
ثم ترجع اللفة بمرونتها وثقلها الى حالها فيهبط طرفها الاسفل وينغمس بالزئبق  
وهكذا تدوم الذبذبة ما دام الجرى جارياً  
ثم انه قد عرف من الامتحان ان مجريين يتبع احدهما الآخر على استقامة  
واحدة واجزاء مختلفة من مجرى واحد يدفع احدهما الآخر. وان مجريين من  
كثافة واحدة جاريين على التوازي واحدهما قريب من الآخر اذا جريا على  
جهتين متقابلتين لا يفعلان في مجرى اخر ماراً بالقرب منهما لان احدهما يحق  
قوة الآخر

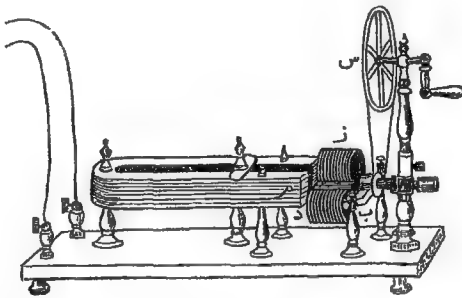
## الفصل السادس

في ظهور مجاري الكهرباء بفعل المغناطيس

٤٣٠ اذا اخذنا شريطة مفصولة طويلة ملفوفة لفاً حلزونياً  
ووصلنا طرفيها بكلفانومتر وادخلنا قطبة واحدة من مغناطيس  
دائم في اللفة يحصل زيان وقتي للابرة. ثم ان كنا بعد ان تستقر  
الابرة نسحب المغناطيس تزويغ في جهة خلاف الجهة التي زاغت فيها  
اولاً. فينتج ان للمغناطيس قوة لحل الكهرباء ولذلك يظهر فعل  
كهربائي عند تقديمه الى مادة اذ يحل كهربائيتها وايضاً عند ازالته

عنها اذ ترجع الكهرباء الى الامتزاج كما مر في الحل الكهربائي  
(رقم ٢٢٥)

الآلة الكهربائية مغناطيسية. قد اصطنع آلة لاجل اظهار المفاعيل الكهربائية  
بطريقة عجيبة ولجل ذلك يستعمل مغناطيس نضوي م (شكل ٢٢٠)  
شكل ٢٢٠



مركب من عدة مغنايط نضوية مرصوفة بعضها فوق بعض وزود قطعنا  
حديد لآين على كل واحدة منها لفة شريط مفصول تداران تجاه قطبي  
المغناطيس بواسطة الدولاب والركبة س وهاتان اللتان متصلتان بشريطين  
في راسيهما مسكنا معدن للامساك تحت كرمي الآلة فعند تشغيلها يشعر من  
يمسك بالمسكين بالهزة الكهربائية. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال لاستخدام  
الكهربائية في المعاملات الطبية وذلك لسهولة نقلها واستعمالها

## الفصل السابع

### في التلغراف

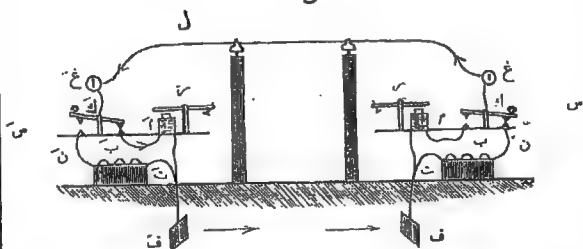
٤٣١ ان اهم فوائد الكهربائية في مصالح البشري استخدامها لايصال الاخبار من مكان الى اخر يبعد عنه عدة مراحل في اسرع وقت . والآلة التي ترسل الاخبار بواسطة الكهرباء يقال لها تلغراف من لفظة يونانية معناها كتابة البعد ويقال لها ايضا السلك البرقي والشريط البرقي لان الكهرباء تسري على شريط من معدن يوصل بين المكانين لاجل حصول الدائرة الكهربائية كما سيأتي .

التلغراف الكهربائي يصطنع على هيئات مختلفة . ولكن الأكثر استعمالاً في اميركا واوربا تلغراف العلامة مؤسس الاميركاني المخترع الاول للتلغراف الذي اول تشغيله كان بين واشنطن وبنسبور وهايا لثان من البلاد المتحدة في اميركا سنة ١٨٤٤ . والادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف ثلاث اولها بطارية فولطائية لاجل انتشاء الكهرباء . ثانياً شريط موصل لحمل المجرى الكهربائي الى اي بعد يراد . ثالثاً الرام لاجل تدوين العلامات المستعملة للدلالة على الحروف الهجائية وسيأتي الكلام على كل منها اما البطارية فالنوع المستعمل منها غالباً لاجل توليد الكهرباء بطارية كروف . وكبر البطارية المطلوبة يتوقف على البعد . ولاجل تلغراف على

بعد مئة ميل قد عرف انه يقتضي غالباً ان تكون البطارية ذات ٢٥ كاساً  
اما الشريط الموصل فلاجل عدم تبديد الكهرباء يجب ان يكون  
منفصلاً . اما الطريقة العمومية لفصله فهي ان يلقي على كرات من زجاج  
مثبتة في عواميد من خشب علوها من ١٢٠ الى ٢٠ قدماً ولا يحتاج الى فاصل  
آخر . ولقوة الحديد العظمى في الاتصال ورخصه يفضل على النحاس

٤٢٢ الاتصال بين محليين بالتلغراف . لنفرض انه يقتضي بعث رسالة  
تلغرافية من بيروت الى دمشق مثلاً . بيروت عند س ودمشق عند س'  
( شكل ٢٢١ ) ثم وب بطاريتان في المحليين والكهربائية الموجبة في كل  
منها تجري من ت الى جهة ن وك ك مفتاحان لارسال الكهرباء وسنوضحهما .  
وغ غ كلفنومتريان . وم م القابلتان وهما المغناطيسان الكهربائيتان الملفوف  
عليهما لفائف شريط معدني لكي يتمغناطيا بالكهربائية وسميا بالقابلتين لكونهما  
يقبلان الكهرباء . ورر الرافقان وسميا بذلك لكونهما يرفقان حروفاً كما  
سياتي . ول ل الشريط المنفصل على عواميد وف ف لوحان من معدن

شكل ٢٢١



مساحة سطح كلٍ منها عدة اقدم مربعة مغرزان في الارض . فاذا كُنِس على  
طرف المفتاح ك في بيروت مثلاً المفروض ارسال الرسالة التلغرافية منها  
حتى يتصل بالحديد الذي تحته فالجري من البطارية يجري من القطبة الموجبة

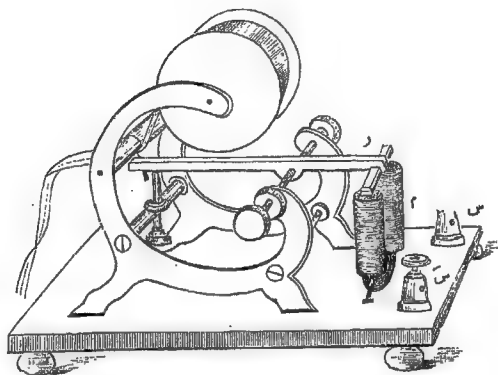


ن ماراً بالمتاح ك الى الكلفانومتر غ ومن ثم في خط الشريط ل الى دمشق  
 المحل القابل الرسالة ماراً بالكلفانومتر غ وبالمتاح ك وبالقابلة م ومن  
 هناك الى الارض مجازاً من اللوح ف الى ف في بيروت المحل المرسل واخيراً  
 الى القطبة السالبة ت من البطارية ب حيث تم الدائرة . فعند س محل  
 التلغراف في بيروت م منقطعة حيثئذ عن الدائرة الكهربائية برفع الطرف  
 الاخر من المتاح . وفائدة انقطاعها ان الكهربائية الموجبة تدور الى  
 الشام وترجع الى بيروت بالطريق المشار اليه المقصود سيرها فيه لاجل  
 ارسال الخطاب الى الشام كما سيأتي لا في الطريق التي تاخذ الى م اذ لا فائدة  
 من ذلك . اما الكلفانومتر فلزومه لتبيان مقدار الجاري في الدائرة الكهربائية  
 ولعرفة وجودها . ثم ان ترك ك لذاته يرجعه زنبرك فيتصل بالثقل الذي كان  
 قد انفصل عنه واذا كُيس على المتاح ك حيثئذ فيحل التلغراف س في دمشق  
 يكون الباعث وس القابل . وطريقة ايضاح الاتصال طبق ما اوضحناه قبلاً  
 ( شكل ٢٢١ ) غير ان الجري على جهة متقابلة . ولكل من الكاتين في المحل  
 علامات معينة برقمها الرام للدلالة على المحل المرسل اليه الرسالة التلغرافية  
 وغير ذلك . وقد يصطنع جرس يندق عند بداية تشغيل التلغراف من محل  
 آخر لاجل الانتباه الى قبول الرسالة

٤٢٢ طريقة رسم الحروف . ان الحروف التي ترقم بحرفي ترقم  
 بواسطة آلة يقال لها مكنا . واجزاؤها الجوهرية كما ترى ( شكل ٢٢٢ ) . ففي  
 بيروت مثلاً موضوع مغناطيس كهربائي م ملف عليه شريط نحاسي رفيع  
 طويل جداً وهو متصل بالشريط الموصل ل ل ( شكل ٢٢١ ) بواسطة  
 احدي الكاسين ذات البرغي س وبشريطة تتصل بالارض بواسطة الكاس  
 الاخرى س وطرف الشريطة المتصلة بالارض متصل بلوح معدني مغرز  
 في الارض كما مر . فاذا كبس على المتاح في دمشق فالجري يبحر لنات

المغناطيس الكهربائي ويجذب الحافظة المتصلة بالراقم الى اسفل . واما الطرف الآخر من الراقم المسمر فيه مسمار مروس من فولاذ فيرتفع ويكسب المسار على

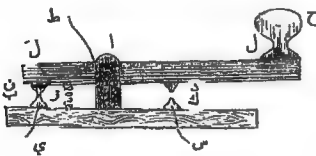
شكل ٢٢٢



سير من ورق يُنشر عن ملفٍ فوق ويجرُّ بواسطة زنبرك ودواليب مثل التي للساعة لم ترسم في هذا الشكل بسرعة نحو نصف عقدة في الثانية . وعند كبس على الورق يخمش عليه علامة في يروت . وإذا رُفعت اليد عن المفتاح في دمشق حتى ينقطع الجري فالذراع الاقصر من الراقم بخليو المغناطيس الكهربائي فيسقط الذراع الاطول بثقله ومسار الفولاذ يبطل ان يكبس على الورق . ثم اذا كبس على المفتاح ايضا يرقم الراقم علامة اخرى في يروت وهلم جرا وذلك يعرف عندهم بالدق فاذا اجتمع علامتان مختلفتان او اكثر يجعلان احرفا بحسب اصطلاح اصحاب التلغراف . ثم بين الحرف والحرف يوخرون الدق لكي تبعد علامات حرف عما يليه لاجل تمييزه ومثل ذلك بين كلمة وما تليها . اما اختلاف العلامات فيتوقف على الوقت الذي فيه يبقى مسمار الراقم مرتفعا فان ارتفع للحظة فقط تُرَقَم نقطة واذا ارتفع لوقت طويل يُرَسَم خط

عرضي والمحروف العجائية تصنع باصطلاحهم بتركيب النقط والخطوط . وإذا ارادوا ان يكتبوا كلمة اب من دمشق مثلاً وكانت علامة الالف نقطة وخط وعلامة الباء خط وثلاث نقط يجركون اليد هناك على المتناج ويجعلون اوقات الدق موافقة لرقم العلامات المذكورة فيرقم الراسم تلك الكلمة في يديهم بالمقلوب هكذا . . . . . وهكذا يكتبون كلمات الرسالة وبعد ان تنتهي الرسالة يكتبونها ويرسلونها الى صاحبها . وبما ان حكومتنا لا ترخص باسهار علامات الحروف العجائية نعدل عن اظهارها

٤٣٤ مفتاح التلغراف . فيما مر اشرنا الى المفتاح والان نتكلم عنه باكثر ايضاح . فهو كما ترى ( شكل ٢٢٢ ) . الخلل الخامس ل ل يتحرك على محور داخل في اعلى العمود



او عليه تتوان من بلاتين دون على الجانب الاسفل . وهذان يقرعان على قطعتي بلاتين ك وب الاولى منها

تتصل بالشريطه س والثانية بالشريطه ي وس وي يتصلان بالموجة والسالبة من قطعتي البطارية المرسله . فاذا ترك الخلل لذاتين وب يتصقان بقوة الزنبرك ز . وحينما تضغط اليد على المسكة من خشب الأبنوس ح ينقطع الاتصال بين ن وب ويحصل عند د وك . وما عدا الشريطتين المذكورتين ي وس يتصل بالخلل الشريط المستطيل ط من محل بعيد بواسطة محور في ا . فحينما يكون المتناج قابلاً كما يري في الشكل فالجري من المحل المرسل يسير على طريق ط ا ل ن ب ي ثم يمر على المكنا لاجل تدوين الرسالة كما مر ومن ثم الى الارض التي تتصل بها القطبة السالبة من البطارية في المحل المذكور واذا ضغط على ح فالمتناج يكون مرسلًا ويبعث الجري الكهربي في طريق

س كدا ط الى المحل البعيد. فالذي يريد ارسال رسالة من محل تلغراف الى محل آخر يدق على مفتاحه والآخر في المحل الآخر يكتب الرسالة ويشهرها ومثل ذلك اذا اراد الثاني ان يرسل جواباً او رسالة

٤٣٥ كون الارض تصلح لاتمام الدائرة الكهربائية للتلغراف. انه في بداية اختراع التلغراف قد ظن انه لا بد ان يعمل شريط اخر غير ل (شكل ٢٢١) يرجع من المغناطيس الكهربائي في التلغراف البعيد الى القطبة السالبة في التلغراف المحلي لكي تتم الدائرة. ولكنهم بعد قليل لاحظوا ان الارض فضلاً عن كونها لا تكلف شيئاً هي اصلح للاتصال لاتمام دائرة لهذه الغاية. فيغرزون في ارض تلغراف المحل لوحاً من معدن تتصل به القطبة السالبة من البطارية وطرف واحد من لفة المغناطيس الكهربائي ولوحاً اخر في التلغراف البعيد كذلك فتتم الدائرة الكهربائية لبطارية المحل الواحد والاخر بواسطة الارض كما يتضح من (شكل ٢٢١). اما اللوحان فيصنعان غالباً من نحاس احمر ويقتضي ان تكون سعة كل منها فوق عشرين قدماً مربعاً. ويقتضي ان يغرزاً في الارض الى عمق بحيث لا تنجف فيه الارض ابداً

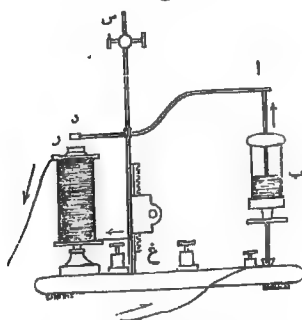
## الفصل الثامن

في اتمام الحركة الميكانيكية بواسطة المغناطيس الكهربائي

٤٣٦ قد اصطنع الآت شتى مختلفة لاجل اتمام حركة ميكانيكية بالكهربائية المغناطيسية نكتفي بذكر واحدة منها. على انه لم يصنع منها ما تنوق قوته ثمانية او عشرة حصن مع انها لا تنف على هذا الحد. لانه اذا كان ايجاد

قوة من الجرى الكهربائي تحرك آلة يقتضي فحواربين او خمسين ضعف ما يكلفه ايجاد قوة بالآلة بخارية قلما تستعمل آلات المغناطيس الكهربائي . وانما لاجل اعمال تقتضي حركة سريعة وقوة قليلة قد لوحظ ان الآلة كهربائية انسب من الآلة بخارية . وهذا الشكل يوضح احدى الآلات الكهربائية المستعملة لاجل اتمام حركة ميكانيكية . فانها مولفة من قضيب معدني اد مسير على عمود معدني

شكل ٢٢٤



س غ يدور على مسامره بسهولة في اسفله زنبرك . في طرف واحد من القضيب قطعة من حديد لين د وفي الطرف الاخر قضيب حديد مغموس في الكاس ب المتضمن جانباً من الزئبق . وتحت القطعة الحديد د المغناطيس الكهربائي ر . واحد طرفي شريط لفة المغناطيس متصل بالقطبة الواحدة من بطارية بنسن . واما القطبة الاخرى من هذه البطارية فتتصله بكاس الزئبق ب . والطرف الاخر من اللفة متصل بالقضيب المعدني بواسطة العمود س غ فان غمس القضيب الحديد بالزئبق ثم دائرة بطارية بنسن وتنقطع حينما يكون خارجاً . والزئبق يستحسن ان يغطى بالكحول لاجل عدم تبديد الكهرباء لكونها غير موصل . فحينما يراد تشغيل هذه الآلة فلأن القضيب الحديد موضوع بحيث يهدا طرفه فوق وجه الزئبق يكبس على القضيب ا د باليد

لاجل تنزيل القضيب الحديد الى الزئبق . ولأنه بذلك تتم الدائرة يتمنط  
 المغناطيس الكهربائي وقطعة الحديد على طرف القضيب اذ تنجذب الى اسفل  
 فتلتصق به . وبذلك يرتفع الطرف الآخر من القضيب المذكور والقضيب من  
 الحديد يخرج من الزئبق فتقطع الدائرة ويصبح المغناطيس الكهربائي غير متمنط .  
 فمرونة زنبرك العمود حيثئذ ترجع القضيب المعدني وبالاستمرار يرجع  
 القضيب الحديد الى الزئبق فنرجع الدائرة . ثم نتكرر الحركة كما مرّ وهكذا  
 تدوم ما دامت البطارية مشغلة والمجرى جارياً . ويوجد انواع اخر من  
 الآلات بها تتم حركة ميكانيكية بالكهربائية لاحاجة لذكورها جارية على هذا  
 المبدأ وهوائه باتصال الدائرة الكهربائية وانقطاعها يتمنط حديد اللفة وتزول  
 مغناطيسيتها فيجذب الحديد ويتركه ويحرك الآلة



# الباب العاشر

في النور وفيه مقدمة وتسعة فصول  
المقدمة

في النور وبعض موضوعات تتعلق به

٤٢٧ تحديد النور وماهيته. النور هو الفاعل الطبيعي الذي

به يشعر عضو البصر بالاجسام المرئية وفي ماهيته قولان  
احدهما انه مادة لطيفة مؤلفة من ذرات دقيقة جداً تنتشر  
من الاجسام المنيرة الى كل الجهات على خطوط مستقيمة بسرعة  
فائقة جداً. وانه بواسطة تلك المادة المنعكسة عن الاجسام الى  
العين تدرك آلة البصر المرئيات

والثاني انه حاسية يحدثها نقر تموج مادة لطيفة جداً مرنة  
مائلة للفناء يقال لها اثير على عصب البصر. وهذا التموج انما  
يصدر عن الاجسام المنيرة التي لها قوة على اصداره وينبعث الى

عصب العين او يقع على الاجسام المرئية وينعكس عنها اليه فيحدث فيه الحساسية بالنور وبالوان المواد المرئية التي ياتي او ينعكس عنها كالاصفر والاحمر وغيرها كما ان تموج الهواء الصادر عن المواد المصوتة يحدث الحساسية بالصوت في عصب السمع وبشكل الصوت الآتي عن المواد كالرنة والطقطقة وغيرها. وهذا الشعور بالوان المواد المرئية يعرف بالبصر فالنور واللون في البصريّات يشبهان الصوت وشكله في السمعيّات غير ان سرعة تموج النور نحو ١٧٥ ضعف تموج الهواء

اما القول الاول فمذهب العلامة احمق نيوتون وطائفة من الطبيعيين. واما الثاني فمذهب هو يحنس وجمهور الطبيعيين وهو المعول عليه عندهم الآن وسباني الكلام على اثبات كونه هو المرجح علي الاول. اما القواعد الرياضية الآتية التي سنوضحها في النور فنجري على القول الاول اذ يُعتبر فيها النور مادة مضبئة لكونه اقدم وهي مبنية قديماً على الاقدم

٤٢٨ تسمية الاجسام باعتبار ملابتها للنور. جميع الاجسام اما منيرة او مظلمة واما شفافة او شبيهة بالشفافة. اما المنيرة فهي التي يصدر عنها النور كالشمس والسراج والاجسام المشتعلة وغير ذلك فيكون نورها ذاتياً غير مكتسب. واما المظلمة فهي ما لا يصدر عنها نور ذاتي بل تكتسب نورها من مجاورتها لجسم ذي نور ذاتي بوقوعه عليها وانعكاسه عنها ولا ينفذ فيها النور فلا يرى



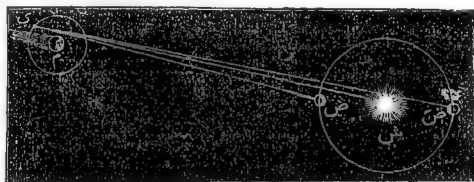
ما تجزئ دونه من الاشباح وذلك كالحجارة والخشب وبعض المعادن. واما الشفافة فهي التي ينفذ فيها كثير من النور وترى بنفوذ النور فيها صورة الاشباح التي تجزئ دونهما كالزجاج الصقيل والهواء والماء الصافي. واما الشبيهة بالشفافة فهي ما ينفذ فيها قليل من النور فقط فلا تظهر صورة الاشباح التي تجزئ دونهما جلياً كالزجاج غير الصقيل والورق المزيّن والماء المكدر. ويوافقه قول ابي العلاء المعري

والخل كالماء يدي لي ضائرُهُ مع الصفاء ويخفيها مع الكدر  
٤٣٩ شعاع النور وسرعته. شعاع النور بالضم هو الذي تراه خطوطاً من النور مقبلة عليك حينما تقابل الجسم المنير وهو اسم جمع واحده شعاعة وجمعها اشعة او شعع او شعاع بالكسر. واذا اجتمع عدة شعاع منه متوازية سميت حبلًا من النور وشعاع مجمعة الى نقطة سميت قلماً او مخروطاً وتسمى تلك النقطة بالبوقة. وهذه الشعاع تنتشر من الجسم المنير الى كل الجهات في خطوط مستقيمة وذلك يتضح من انه اذا توسط جسم مظلم بين العين وجسم منير لا يبق منظوراً من نوره ما حال الجسم المظلم دونه. وكذلك اذا دخل حبل من شعاع الشمس الى غرفة مظلمة برى مستقيماً. اما سرعة سيره فهي ١٩٢٠٠٠ ميل في كل ثانية. وقد بين

ذلك العلامة رومر المنجم الدانماركي سنة ١٦٧٨ من مراقبات متوالية لخسوفات أول اقمار المشتري اي الاقرب اليه

ويتضح ذلك من النظر الى (شكل ٢٢٥). فان ش تدل على الشمس وض الارض وم المشتري وي أول اقماره والمجرة المظلم وراء المشتري هو ظلّه الذي ترميه الشمس. وقد عُرِف بالحساب ان أول اقمار المشتري يدور حول ذلك السيار مرة في ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٢٦ ثانية وانه بدخوله في ظل المشتري يتخسف في كل دورة. فقد لاحظ رومر انه اذ كانت الارض تسير من ض المنزل الاقرب من المشتري الى نحو ض المنزل الابعد كان زمان خسوفات القمر المذكور المتوالية يطول بالتدرج كما انه بالرجوع من ض الى

شكل ٢٢٥

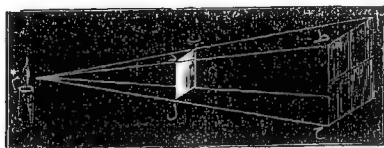


ض كان يتناقص زمان الخسوفات كذلك. فكانت كل الزيادة في الزمان بالمرور من ض الى ض  $16\frac{1}{2}$  دقيقة تقريباً وكل التناقص في النصف الباقي في حركة الارض  $16\frac{1}{2}$  دقيقة كذلك. فافتكر المعلم المذكور انه لحصول ذلك لا بد من هذا التعليل وهو ان الارض على الحال الاول كانت تبعد عن المشتري فاقضى للنور ان يسير ابعد فابعد عند كل خسوف لكي يصل الى المراقب وعلى الحال الثاني بالعكس. فاستنتج من ذلك ان النور قد اقتضى  $16\frac{1}{2}$  دقيقة لكي يجتاز قطر دائرة الارض حول الشمس وذلك بموجب علم الفلك يساوي نحو ٨٠٠٠ ١٩٠٠ ميل فاذا قسمنا هذا العدد على الثواني في

الوقت المذكور اي ٩٦٠ ثانية يخرج ١٩٢٠٠٠ ميل. وقد استحسن هذا الامر  
وتأكد بطرق أخرى لا حاجة الى ذكرها

٤٤. كثافة النور. ان كثافة النور الآتي من جسم منير  
تتغير بالقلب كمرجع البعد

شكل ٢٢٦



ليكن م مصباحاً و ب ل جسماً سطحه المقابل المصباح مستطيل وليقع ظلّه  
على سطح يوازيه مثل ا ح. فلا يخفى ان م ت ح هـ م قد قُطِعَ بالسطح ب ل  
لكون الظل واقعاً ضمن السطوح المارة على حدود ب ل وقد قُضِيَ موازياً  
لقاعدتي ا ح. فيكون ا ح : ب ل :: ا ط : ب د :: م أ : م ب فإذا نسبة ا ح :  
ب ل :: م أ : م ب. فإذا رُفِعَ الجسم ب ل فواضح انه يقع على ا ح النور  
الذي كان واقعاً عليه لكونه داخل حدود ظلّه والامر ظاهر ان كثافة هذه  
الكمية من النور تتغير بالقلب كاتساع السطح اي ان ا ح : ب ل :: كثافة  
النور على ب ل : كثافته على ا ح وقد بينا ان ا ح : ب ل :: م أ : م ب فإذا  
كثافة النور على السطح ب ل الى كثافته على السطح ا ح :: م أ : م ب اي  
كثافة النور تتغير بالقلب كمرجع البعد. وذلك يطابق البرهان على ان  
قوة الجاذبية تتغير بالقلب كمرجع البعد فراجعة

وذلك يتأكد بهذه التجربة وهي خذ اربعة مصابيح زيت ذات مقدار  
واحد من النور واجمعها بعضها مع بعض لكي تُحسَب كنور مصباح واحد. وعلى

بعد مناسب ضع طليحة من الورق واجعل جسماً مظللاً يتوسط بين المصابيح والطحية ليرمي ظله على الورق. ثم خذ مصباحاً خامساً وضعه بين المصابيح والجسم حيث يس ظل الجسم الواقع منه على الورق ظله الواقع من الاربعة المصابيح بدون ان يقع عليه وعلى بعد حيث يظهر الظلان باسراق واحد. فترى حيث ان بعد الاربعة المصابيح عن الورق مضاعف بعد المصباح الواحد. وهكذا اذا اخذنا تسعة مصابيح يقتضي ان يكون بعدها عن الورق ثلاثة اضعاف بعد مصباح واحد لكي يكون الظلان من سواد واحد وهلم جراً. ولما كان الجسم المظلم يحجز بظله المرمي من الاربعة المصابيح نفس المقدار من النور الذي يحجزه بظله المرمي من المصباح الواحد لظهور الظلين بلون واحد اذا يكون بعد الاربعة مضاعف بعد الواحد تكون كثافة نور مصباح واحد اربعة اضعاف كثافة نور مصباح آخر على مضاعف بعده. ومن ذلك يتأكد ما مر وهو ان كثافة النور تتغير بالقلب كمرجع بعد الجسم المنير وبهذه الطريقة يمكننا ان نفيس اشارة جسم منير على آخر. لانه اذا وضعنا مصباحين مختلفين في قوة الانارة على بعدين من الورق بحيث يكون لون ظليهما واحداً تكون نسبة مربع بعد احدها الى مربع بعد الآخر ككثافة الثاني الى كثافة الاول. واذا فرض كثافة نور احدها واحدة وقيس البعد يتج لنا من النسبة كثافة الآخر او قوة انارته بالنسبة اليه. مثاله اذا كان لظل قضيب معدني موضوع في نور مصباح زيت على بعد ٢ اقدام من سطح ابيض وقع عليه الظل لون ظل ذلك القضيب في نور لهيب من الغاز على بعد ١٢ قدماً منه تكون قوة انارة الغاز ١٦ مرة انارة الزيت لان  $١٢:٢ :: ١٦:١$  ك- ١٦

٤٤١ امتصاص النور. قد تقدم ان الاجسام الشفافة هي ما ينفذ فيها النور. والان نقول انه لا يوجد جسم تام الشفافية

ينفذ فيه النور كله بدون ان يفقد منه شيء بل جميع الاجسام الشفافة تمتص جانباً من النور النافذ فيها غير ان بعضها يمتص منه أكثر من البعض الآخر . وتختلف الكمية الممتصة من النور ايضاً في مادة واحدة شفافة باختلاف سمك تلك المادة . فاذا نفذ النور في جسم شفاف سميك جداً يمتص كمية وافرة منه حتى يحدث غالباً ان النور النافذ ليس بذي كثافة كافية لحصول حاسة البصر . وقد عرف ان نور الشمس يمتص الجلد جانباً منه بنفوذِهِ فيه الى الارض . وذلك يتبين من ازدياد لامعية النجوم بالصعود الى الأماكن العليا كقم الجبال وكون الاشباح في اعالي الجبل تُرى اجلى مما تُرى قرب الارض وجلالة البصر في تلك الاعالي فائق جداً حتى لا يكاد يميز النظر بين الابعاد . وقد حسب انه لو كان علو الجلد ٧٠٠ ميل لامتص كل نور الشمس . واما الاجسام المظلمة فتمتص كل ما لم ينعكس من النور عنها اذ يقع عليها من الجسم المنير . وسياتي الكلام على انعكاس النور

شكل ٢٢٧



٤٤٣ الظل والظليل .

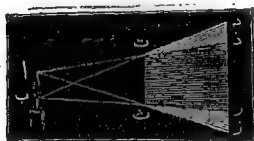
اذا صاد نور صادر من نقطة منيرة مثل اجساماً مظلماً مثل د

كافي الشكل فلكون النور لا يخترق الجسم المظلم بحجزة عن مروره

في الفسحة الواقعة وراءه بين الخطوط المستقيمة من النقطة المنيرة  
المماسية دائر ذلك الجسم فيصطنع من ذلك ظل. فان كان الشبح  
المظلم كرة فالظلت ج س هو مخروط ناقص

ان جميع الاجسام المنيرة ذات جرم واتساع فهي مولفة من

شكل ٢٢٨



عدد غفير من نقط منيرة. وكل

نقطة منيرة هي بورة قلم من شعاع

منيرة مستقلة ولكل قلم ظل

مستقل. لتدل ا ب على قطع

جسم منير وت ث على قطع شبح مظلم. فمن كل نقطة من ا ب

ينبثق قلم من اشعة نور والقلم المنبثق من النقطة ا يعيق مسيره

الشجرت ث والشعتان الملامستان طرفي الشبح من نقطة اتسيران

في جهة ا زاد اي ان النور الصادر من نقطة المجزء الجسم المظلم

عن المسير في الفسحة بين الخططين المستقيمين ت ذ وث ز. وهكذا

النور المنبثق من النقطة ب يعاق عن المسير في الفسحة بين

الخططين ت د وث ر وكل النور الصادر من النقطة بين النقطتين

ا وب يحجز عن المرور في الفسحة بين الخططين ت ذ وث ر اذ يدخل

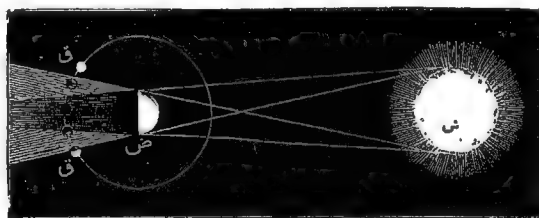
بعضه في الفسحين بين الخططين ت د وث ز وبين الخططين ت ر

وث ز

الفسحة بين الخطين ت ذوث رهي الظل كما مر والفسحان  
بين ت دوت ذ وبين ث روث ز المحجوز عنها بعض نور  
الجسم المنير يقال لها الظليل وذلك يطابق الظليل السمعي المذكور  
(رقم ٢٧٦) وظلام الظليل يزداد تدريجاً بالانتقال من حديه  
الى نحو حدي الظل حيث يصير الظلام تاماً

والظل والظليل يحدان من وقوع نور الشمس على الارض . ولذلك  
عند ما يمر بها القمر لما تكون الارض بينه وبين الشمس يخسف . وعند دخوله  
في الظليل أولاً لا يرى ظلام الخسوف حالاً كما يرى اذا دخل الظل المظلم  
وذلك يتضح من النظر الى ( شكل ٢٢٩ ) . لنفرض ش الشمس وض  
الارض وق القمر دائراً حول الارض كما هو مقرر في علم الفلك . فشعاع

شكل ٢٢٩



الشمس ترمي من الارض ظلاً حالاً كما عرفت في الشكل وظليلاً حوله اقل ظلاماً  
كما ترى . فعند ما يدخل القمر في الظليل لا يرى الخسوف جلياً بل يتغش  
قليلاً ولكن يخسف جلياً عند دخوله في مخروط الظل ويقال ان خسوفه  
كلي اذا دخل كله في المخروط بحيث تكون سعة كافية لتحيظ به وجزئي اذا  
دخل جزؤه وحلقه اذا كان مركزه في محوره بحيث لا يمحيط به . وذلك  
يتوقف على بعده عن الارض وميله عن الظل فان كان قريباً وطريقه قرب

محور الظل حتى يحيطه بخسف كلياً او بعيداً بحيث لا يحيطه مخروط الظل  
ومروره في محور الظل فحلقاً لانه بيان حيثئذ كحلقه او كان دخوله في جانب  
المخروط بعيداً او قريباً فجزئياً ولا يخسف مطلقاً ما لم يس الظل . ومثل ذلك  
اذا مرت الارض في ظل وظليل القمر اللذان ترميها الشمس على الارض  
عند ما يتوسط القمر بينهما فان الارض حيثئذ تجاز في الظليل والظل للقمر  
فيخفي بها نور الشمس وتكسف لنا جزئياً او كلياً او حلقياً . واما الوصول الى  
معرفة طول ظل الارض او ظل القمر بموجب حساب المثلثات اذا عرف  
قطر الشمس وقطراها يراد معرفة طول ظلها وبعده عنها فسهل . ولكون  
ذلك من متعلقات علم الفلك نعدل عن ذكره

## الفصل الاول

### في انعكاس النور

٤٤٣ انعكاس النور هو اندفاعه راجعاً عن جسم بعد ان  
يقع عليه من الجسم المنير . وبعض الاجسام وهي الشفافة يخترقها  
النور كما مر فلا ينعكس عنها الا قليلاً جداً وبعضها وهي المظلمة  
يتمص جانباً من النور وما بقي ينعكس عنها وكل ما كان منها اتم  
صقلاً كان انعكاس النور عنه اتم كالمرايا والسطوح الصقيلة  
من المعادن وغيرها



اذا انعكس النور عن سطح صقيل فزاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس وكلا الزاويتين يكونان في سطح واحد. وهذه الحقيقة قد برهنها بابرهان هندسي في الكلام على المصادمة (رقم ١٠١) والآن نشير الى الطريقة التي بها نتأكد بالتجربة .

لتوضع دائرة متسامطة مقسومة الى درجات في قطعة من الزبيق بحيث يقع مركزها د في وجه السائل الافقي اب (شكل ٢٢٠) وليكن ذ د عموداً

شكل ٢٢٠



من المركز عليه وليصنع على الدائرة انبوبتان يوف تدوران كدوران القطر . فان اتجهت ف الى الشمس ش يلاحظ ان الشعاع المنعكس لا يمر في الانبوبة ي فيرى الناظر فيها الشمس ما لم تكن زاوية ف د ذ التي تقاس على الدائرة ذات الدرجات متساوية لزاوية ي د ذ وسطح الدائرة يمر في الشمس . والناظر يرى الشمس حيث تدور على جهة د ش . ويقال لزاوية ف د ذ زاوية الوقوع ولزاوية ي د ذ زاوية الانعكاس . فينتج ان سطح الانعكاس ذ د ي وسطح الوقوع ذ د في على استواء واحد اذا وقعت شعاع متوازية على سطح يعكس النور تكون متوازية بعد الانعكاس

٤٤٤ × اذا وقع قلم شعاع منتشر من نقطة منيرة على سطح مرآة

فالشعاع المنعكسة يظهر أنها صادرة من نقطة خلف المرآة بعدها  
عنها بعد بورة الوقوع امامها

ان وقع قلم شعاع من البورة (شكل ٢٢١) على ف جزء من سطح  
المرآة د ذ تظهر البورة خلف المرآة عند ب بحيث يكون البعد ان العموديان  
ب د و ا د متساويين لان كلا من الشعاع اى ا ف الخ زاوية انعكاسها  
حى ت الخ تساوي زاوية وقوعها حى ا

شكل ٢٢١



وبالتسوية تكون متماهاتى ذ اى د متساويتين.  
ارسم ا د عموداً على د ذ واخرجه الى ب حتى  
يقطع الشعاع المنعكسة تى المخرجة الى الورا.  
فالزاوية اى د تساوي تى ذ التي تساوي  
المتقابلة لما ب دى د . وايضاً الزاوية القائمة

ا دى تساوي ب دى وى د مشترك بين المثلثين دى ب دى ا فاذا اى -  
ى ب و ا د - د ب . ولما كانت كل شعاع خارجة من ا و واقعة على المرآة  
د ذ يصدق عليها هذا البرهان فواضح ان القلم المنعكس يظهر انباً من  
النقطة ب

٤٤٥ اذا وضع شمع امام مرآة مستوية فصورته تظهر خلف  
المرآة على بعدٍ عنها يساوي بعده نفسه عنها لان الاشعة الواردة  
من الشمع تنتشر بعد الانعكاس من نقط متقابلة خلف المرآة على  
نفس بعدها

وذلك يتبين من (شكل ٢٢٢) . لتكن من مرآة مستوية واب شعاعاً  
موضوعاً امامها . وليكن وضع الشمع بحيث الشعاع المنعكسة تدخل العين  
عند ح وك . ومن ا وب ليقع العمودان ا ا ب ب فالشعاعان ا ذ ا د

المشتركان من ان يعكسان في خطي ذح دك كانها آتيان من النقطة آ حيث  
أي- أي كما مر ولذلك نرى النقطة ا عند آ خلف المرآة على بعد يساوي بعد

شکل ٢٢٢



اعنها . وهكذا يبرهن ان النقطة ب من  
الشبح تظهر عند ب حيث دب - دب .  
وعلى هذا الاسلوب يبين ان كل نقط  
النوريين اوب تكون بواربعها في نقط الخط  
آب المؤلف من اطراف خطوط مرسومة  
من نقط اب عمودية على المرآة ومتنصفة  
بها ثم لان دب - دب وآ دب -  
ب دك - ادب ودآ - دا يكون  
آب د - اب دواب - آب أي ان  
جسم الصورة - جرم الشبح . من ا وآ رسم

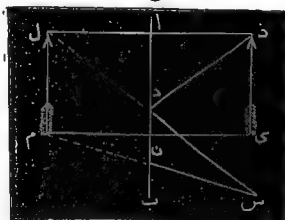
العموديين اس آش فالزاوية ب اس - ب آش أي الشبح والصورة على  
ميل متساوي من المرآة . ولذلك صور الاشباح العمودية على الافق التي تری  
في مرآة مستوية افقية او في حوض او بحيرة تظهر للواقف بجانبها مقلوبة  
اذ تكون النقطة العليا من الشبح السفلى من الصورة . واذا كانت مرآة مستوية  
مائلة على الافق على زاوية ٤٥° فاذا كان امامها شبح متوازي للافق يظهر منتصباً  
والاشباح العمودية عليه تظهر افقية . لانه لما كان للصورة الميل على المرآة  
الذي للشبح نفسه فاذا كانت زاوية الميل التي يصنعها الشبح ٤٥° فلا بد ان  
تكون التي تصنعها الصورة ٤٥° ايضاً وكلاهما معاً يساويان ٩٠° . واذا كان  
شبح على موازاة مرآة تظهر صورته خلفها متوازية ايضاً غير مقلوبة على بعد  
يساوي بعده عنها . ولذلك اذا اريد معرفة سمك زجاجة مرآة يجعل جسم  
ما يلامسها كريال او ليرة او غير ذلك فبعد الصورة خلفها يرينا سمك الزجاج .  
وذلك لان النور يتعكس عن الزريق المتصلق بقفا الزجاج فاذا لاس

الريال وجه الزجاج من امام يكون بعده عن الزيت بمقدار سمك الزجاج والصورة تظهر خلف الزيت على بعد يساوي بعد الريال امامه فيكون بعد الصورة خلف الزيت يساوي سمك الزجاج . ثم ان الاشباح التي توازي المرايا يصير يمينها يسارها وبالعكس . فاذا قابل شخص امرأة مستوية فصورة يده اليمنى تكون على يسار صورته واليسرى عن يمينها فيكون قد انعكس الجانبان . ومثل ذلك اذا امتحنا كتاباً امام امرأة وكانت طريقة الكتابة من اليمين الى اليسار كالعربية او من اليسار الى اليمين كالافرنجية ترى الكتابة في المرأة منعكسة اذ تظهر من اليسار الى اليمين وبالعكس

٤٤٦ اذا كان شبح موازياً لمرأة مستوية فطول او عرض ذلك الجزء من المرأة التي تظهر عليه الصورة نسبته الى طول او عرض الشبح كنسبة اي شعاع منعكس الى مجموع الاثنتين الواقعة والمنعكسة

اذا كان الشبح ذي موازياً للمرأة اب والصورة ل م تراها العين من عند س . فان د ن طول ذلك الجزء من المرأة التي نأخذ الصورة يقابل

شكل ٢٣٣



زاوية ل س م التي يظهر امامها الشبح فطول الصورة ل م يساوي طول الشبح ذي كما مر . ولان د ن يوازي ل م تكون نسبة د ن : ل م :: س د : س ل

ولكن س د في الشعبة المنعكسة وس ل تساوي مجموع الشعبتين الواقعة والمنعكسة . ولذلك الشبح الذي لا يرى كله اذا كانت العين على بعد معلوم من المرأة يصير مرئياً بقريب العين اليها لانه كما تنقص نسبة الشعبة المنعكسة الى مجموع الواقعة والمنعكسة ينقص ذلك الجزء من المرأة الذي يقتضي ان يجنوي كل الصورة فاذا راي ناظر كل صورته في مرآة مستوية موضوعة على موازاة فطول المرأة لا بد ان يكون بقدر نصف طوله . لان شعبي الوقوع والانعكاس تكونان حيثئذ متساويتين وبالشجعة تكون الثانية تساوي نصف مجموع الاثنتين ولذلك المرأة تكون نصف طول الشبح

٤٤٧ اذا وُضع شبح بين مرأتين مستويتين متوازيتين يحصل صف مستطيل من الصور خلف ايتها يتجه النظر اليها جميعها واقعة في الخط المستقيم المرسوم من الشبح عمودياً على المرأة  
لتكن اب وس د مرأتين متوازيتين وي شبحاً موضوعاً بينهما . فصورة ي تكون عند ف على بعد خلف س د كبعد ي امامها اذا اتجه النظر اليها . وصورة

شكل ٢٣٤



اخرى ج على بعد خلف اب كبعد ي امامها كذلك وصورة ف تكون عند ح على بعد خلف المرأة اب كبعد ف امامها كذلك . وصورة ح تكون خلف س د عند ط كذلك الخ . فيحصل صف غير متناه من الصور كلها واقعة على الخط المستقيم الخارج الذي يمر بالشبح والصورة ي وف . ويعمل عن ذلك ان الجسم ي يظهر بموجب ما مر للناظر الى اب خلفها في ج على بعد امامها ويرى منه

الوجه المقابل اب ثم تبان صورة المرأة س د للناظر المذكور بوقوع شعاعها على اب وانعكاسها اليه خلف اب بين ج و ح . وبوقوع الشعاع من وجه الجسم ي المقابل المرأة س د عليها وانعكاسها عنه الى اب ثم الى عين الناظر تظهر صورة ي في ح خلف صورة س د على بعد ج امامها . ثم بوقوع شعاع اب على س د وانعكاسها ايضا الى اب ثم الى العين تظهر صورة اب خلف ح ويظهر خلفها على بعد ح امامها . ثم تظهر صورة س د ثم صورة اب وصورة ي خلف كل منهما وهلم جرا الى ان يظهر صف من المرايا والصور تمتد الى ما شاء الله وبراء الناظر ممثلاً الى نهاية النظر . والمرآتان يظهر كل منهما في الصف بعد الاخرى والشج بينهما تارة يرى وجهه وتارة قفاه في الصف بالتتابع . وعلى هذا المبدأ من اراد ان يرى قفا رأسه ونقرته يضع مرآة خلفه واخرى امامه فيرى في الخلفية التي تظهر في الامامية صورة ذلك وعليه قول الشاعر

أقرن برايك رأي غيرك واستشر  
فالحق لا يخفى على اثنين  
فالمرء مرآة تریه وجهه  
وبرى قفاه يجمع مرأتين

ولا يخفى ما مر ان تكرار صور المرأتين والشج ناتج عن تكرار الانعكاس لان الانعكاس مرة من اي كان منها يرى صورة واحدة منه والانعكاس مرتين يري صورتين وهلم جرا . ولا يخفى انه من كل نقطة من جسم ينشئ حزمة من الاشعة بعضها يتعكس للعين مرة وبعضها مرتين الى ما لا نهاية فتأمل  
٤٤٧ اذا وضع شج بين مرأتين مستويتين احدهما مائلة على الاخرى اي غير متوازية لها فالصور التي تحصل مصطفة كما مر تقع في محيط دائرة مركزها في تقاطع السطحين ونصف قطرها بعد الشج من تلك النقطة

ليكن اب اس (شكل ٢٢٥) سطحين مستويين صقيبين ميل احدهما على الآخر زاوية ب اس وي شجاً موضوعاً بينهما . ارسم ي ف عموداً على اب واخرجه الى غ واجعل ف غ - ي ف فالشعاع التي تنشر من ي وتقع على اب تنشر بعد الانعكاس من ح فتكون ح صورة ي . من ح ارسم ح ن عموداً على اس واخرجه الى م جاعلاً م - ح ن فتكون م الصورة الثانية للجسم ي الخ . ايضاً ارسم ي ك ج عموداً على اس واجعل ك ج - ك ي وكذلك ارسم ج ر ط عموداً على اب واجعل ر ط - ر ج الخ فالصور المتوالية المحاصلة متتالية من ح خلف اب هي ح م ض د . والتي تتبدي من ج خلف اس هي ج ط ل ذ . ثم لان ي ف يساوي ف ح و اف مشترك بين المثلثين ا ف ج ا ف ي

شکل ۲۲۵



والزاويتان عند ف قائمتان يكون اح - اي . وعلى الاسلوب المذكور بين ان اج او ام يساوي اي وبالضرورة تكون النقط ح ط م في محيط دائرة مركزها ا ونصف قطرها اي

ان كانت زاوية ب اس متناهية فعدد الصور محدود لانه لما كان ب اوس اقد اخرجنا الى ص وز فالشعاع المنشرة من النقطة ذيين زوص

لا ثلاثي واحداً من السطحين اذ كانت ليست امام احدهما بل خلف كل منها  
وهكذا الشعاع المنتشرة من النقطة د

كل فمحة الانفراج بين المرآتين اعني القطاع ا ب س تُصطنع صورة  
في دائرة كما تصطنع صور شعع بينها اذ كان يجوز ان تعتبر شجماً . ولما كان جرم  
كل من القطاعات يتناقض بتناقض ميل المرآتين فيزداد تكرار عددها  
على نفس نسبة تناقص الحجم ويزداد عدد صور شعع بين المرآتين على نسبة  
ازدياد عدد القطاعات فعدد صور شعع بين مرآتين يزداد كنقصان ميلها .  
ولما كان نقصان زاوية ميلها يقربها الى التوازي فعدد الصور يقترب الى عدم  
التناهي باقترابه الى التوازي

٤٤٨ لما كان المتعلم احياناً يصادف صعوبة بتصور طريقة

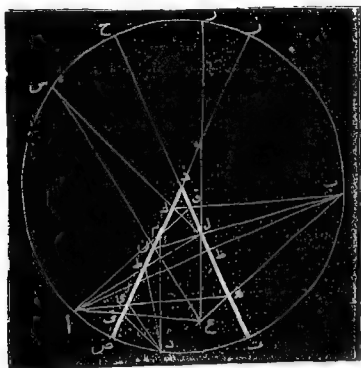
الاشعة التي تجري فيها لاصطناع الصور المتتابعة فلا باس من ان  
تزيد على ما مرّ ما يوضح ذلك . فنقول انه ما ترددت او انعكست  
شعاع النور بمرورها من شج الى العين فالشج يرى في تلك الجهة  
التي فيها النور اخيراً يلاقى العين . فباصطناع الصور السابقة  
شعة النور قد تنعكس ثلاث او اربع انعكاسات في جهات  
مختلفة . ولكن لاتزال الصورة تظهر في خط الشعاع الاخيرة التي  
تلاقي العين

لتكن ذ ص وذت مرآتين زاوية ميل احدهما على الاخرى ت ذ ص .  
فان كانت العين عند ع والشج عند د وصورة التي تحصل من وقوع الشعاع  
على ذ ص عند ا ب س ز فكل صورة انما ترى بقلم الشعاع الذي يأتي من  
المرآة الى العين كأن مصدره تلك الصورة . ارم خطاً من الصورة ز الى العين



ومن تقاطعها بالمرآة ارسم خطاً الى الصورة س امام المرآة ومن تقاطع هذا  
المخطط بالمرآة الثانية خطاً الى الصورة امامها وهكذا الى ان تصل الى د . وعلى

شكل ٢٢٦

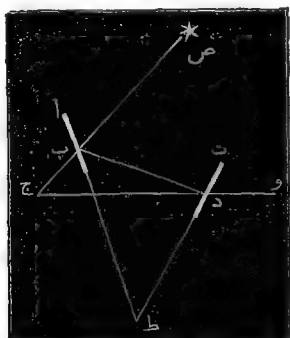


هذا الاسلوب ترسم خطوطاً من بقية الصور وحيث يمكن ان يتتبع مسير قلم  
النور من د . فاذا كان ا ع مرسوماً ود ف مرسوماً الى نقطة التقاطع ف  
تري الصورة ا بالشعة د ف ف ع . وعلى هذا الاسلوب ب تري بالشعة  
د ي ي ه ه ع وس تري بالشعة د ط ط ل ل ن ن ع و تري بالشعة  
د م م ق ق ك ك ل ل ع . وعلى كل حال زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس  
متساويتان على المرآتين

٤٤٩ اذا نظرت صور شمع بعيد مرتفع كجرم سماوي بانعكاس  
النور عن مرآتين مستويتين اذ يكون خط تقاطع سطحي المرآتين  
عمودياً على سطح الانعكاس تكون زاوية هبوط الصورة عن  
الشمع تساوي مضاعف ميل المرآتين

لتكن ا ب ت د ( شكل ٢٢٧ ) مرآتين مستويتين لاحتلاهما زاوية ميل

على الأخرى . ليخرج ا ب و ت د حتى يلتقيا في ط فتكون زاوية ا ط ت ميل  
المراتين . ولكن ص ب شعنة نور آتية من شبح بعيد كنج ومنعكسة عن ا ب  
شكل ٢٢٧



الى ت د ومن ت د الى العين عند ج فتكون صورة ص عند و في خط  
ج د المخرج اخرج ايضاً ص ب الى ج فتكون و ج ص زاوية هبوط الصورة  
عن الشبح اذ يكون خط تقاطع المرأتين المار في ط عمودياً على سطح ا ط ت  
الذي هو سطح الانعكاس . فعلينا ان نبرهن ان زاوية ص ج و هي مضاعف  
زاوية ا ط ت

لان ج ب ط - ا ب ص - ط ب د فاذا ج ب د - ٢ ط ب د وعلى  
هذا الاسلوب بين ان ب د و - ٢ ب د ت ولكن ص ج و - ب د و -  
ج ب د - ٢ ب د ت - ٢ ط ب د - ٢ ب ط د . اذاً تكون ص ج و -  
٢ ب ط د . وعلى ذلك اذا كانت المراة ا ب متوازية للمراة ت د فلا تتغير  
جهة النجم لانه لا ميل للمرأتين حينئذ . واذا دار سطح المراة ا ب ط فزيادة  
زاوية الشعنة المنعكسة مضاعف زيادة زاوية المراة . فبادارة مراة في ٤٥°  
تنقل الصورة ٩٠° او في ٦٠° فتنتقل الصورة ١٢٠° . وعلى هذا المبدأ قد  
اخترع سدس هيلي الذي يستعمل في قياس ارتفاع الشمس والنجوم عن



(٤) مرآة أخرى عند ي. وهذه يقال لها زجاجة الافق وهي أيضاً عمودية على سطح الآلة ومتوازية لسطح الافق متى كانت سبابة مقياس الزند عند صفر في بداية اقسام قوس السدس. وقسم منها مغطى بزئبق يستخدم كمرآة والقسم الآخر باقٍ شفافاً فيها ترى الاشباح في موقعها الحقيقي

(٥) نظارة عند ن تقابل المخطط الفاصل بين الجزء الشفاف من زجاجة الافق وبين الجزء المغطى بالزئبق بها ترى صورة الجسم المنعكسة اشعثت عن الجزء الزئبقي في زجاجة الافق بعد انعكاسها عن مرآة الزند وبرى أيضاً الافق من الجزء الشفاف

(٦) زجاجات ملونة توضع بين مرآة الزند وزجاجة الافق عند ح لكي تمنع عن العين اذى نور الشمس الباهر بمروره فيها قبل وقوعه على زجاجة الافق. وقد توضع زجاجات ملونة أيضاً خلف زجاجة الافق لكونه يراقب بالآلة احياناً صورة الشمس الباهرة تحت الافق الزئبقي كما سترى. وجميع هذه الزجاجات الشبيهة بالشفافة تجعل تدور على محور ثابت في الآلة بحيث يمكن توسطها بين شعاع الشمس والعين او توسط بعضها او نزعها عند ادارتها بحسب مقتضى الحال

٤٥١ انه بهذه الآلة تقاس زاوية ارتفاع الشمس او القمر ونجم من النجوم عن الافق. لانه اذا نظرنا الى الشمس بالنظارة وسبابة مقياس الزند عند صفر تظهر الشمس ذاتها في الجزء الشفاف من زجاجة الافق وصورتها في الجزء الزئبقي على جهة واحدة اذ تكون المراتان حيثئذ متوازيتين كما اشرنا. (ولا تأثير من البعد الطفيف بين الشععة الواقعة من الشمس حيثئذ والمنعكسة اخيراً الى العين الموازية لما باعتبار بعد الشمس فتحسبان كأنها شععة واحدة). فاذا نزلنا صورة الشمس بواسطة تحريك المدقق على القوس الى الامام وشبعناها بالنظر الى ان تصل الى الافق الذي يرى جلياً بالنظارة تعرف زاوية ارتفاعها

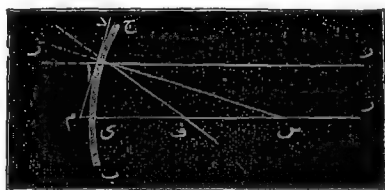
عنه . لانه اذا نظرنا الى السبابة نقرأ الدرجات وعشرات الدقائق على القوس ومن النظر الى الاتفاق بين اقسام المدقق وبين اقسام القوس نقرأ آحاد الدقائق وعشرات الثواني

مثاله بعد تنزيل الشمس الى الافق وجدت السبابة بعد ٣٥° بين القسم الثالث والرابع من اسداس الدرجة وكان الاتفاق بين اقسام المدقق والقوس بين ٦ و ٧ من المدقق على بعد ٢ اقسام من ٦ يكون ارتفاع الشمس ٣٠° ٢٦' ٣٥ لان الدرجات وعشرات الدقائق عرفت من القوس و ٣° ٦' عرفت من المدقق . وعلى هذا الاسلوب يقيسون ارتفاع جرم سموي عن آخر ثم انه لما كان الافق مخفي احياناً بالجبال او الغيوم او غير ذلك فاذا اريد قياس ارتفاع جرم حيثئذ توضع صحفة من زبيق على الارض ثم يقف الناظر بحيث يرى صورة الجرم تحت الافق في وسط الزبيق . ثم تنزل صورته على المرآة الى ان تمس صورته السفلى في وعاء الزبيق على جانبها فاذا تكونت تلك الزاوية التي نقرأ على القوس والمدقق مضاعف زاوية ارتفاع الجرم عن الافق لان كلا الجرم وصورة على بعد واحد من الزبيق ( رقم ٤٤٥ ) يوخذ نصف تلك الزاوية لزاوية الارتفاع

ثم من هذه الآلة يُعرف الظهر الحقيقي . لانه اذا تزلت صورة الشمس قبل الظهر بنصف ساعة او اقل الى ان تمس صورهما في الزبيق ثم تريت قليلاً من الزمان تنخفض الصورة في الزبيق وترتفع الصورة في المرآة فتتفرقان واذا رُجعتا تتفرقان ايضاً وهكذا الى ان يصير الظهر فتقف الصورتان ثم ينعكس العمل بعد الظهر بان تاخذ صورة الصحفة بالارتفاع وصورة المرآة بالمهبط فيفترقان ايضاً . وبين هذين الحالين يكون الظهر تماماً . اما ارتفاع الصورة في المرآة وانخفاضها فلا ارتفاع الشمس نحو خط العبر وانخفاضها عنه . واما انخفاض الصورة في الصحفة او ارتفاعها فلا ارتفاع الشمس او انخفاضها وذلك يتضح من تأمل قليل بالاشعة الواقعة والمنعكسة . اما علة ارتفاع الشمس

فيعرف من علم الفلك وهو ظاهر أيضاً لدى النطن

٤٥٢ الانعكاس عن مرآيا مقعرة شعاع متوازية واقعة على  
مرآة مقعرة قرب محورها تنعكس الى بؤرة بعدها عن سطح المرآة  
يساوي بعدها عن مركزها. ويقال لتلك البؤرة البؤرة الرئيسة  
ليكن راري (شكل ٢٣٩) شععتين متوازيتين واقعتين على مرآة  
كروية ج ي ب مركزها في س فالشعة ر ي اذ تمر في المركز س وتقع لذلك  
عمودية على المرآة عند ي تنعكس في جهة ي س. ارم س ا واجعل س ا ف -  
س ا ر فالشعة ر ا تنعكس في جهة ا ف. عند نقطة الوقوع ارم ماساً دم  
يقطع س ي المخرج في م. ثم لان را وري متوازيان فالزاوية ر ا س -  
ا س ي - س ا ف فينتج ان س ف - ف ا. ولكن اذ كانت ف ا م - ر ا د -  
ف م ا الداخلة المتقابلة فاذا ف ا - ف م. فاذا فرضنا الشععة ر ا قريبة من  
شكل ٢٣٩



المحور ر ي فالقوس ا ي يكون صغيراً ويكون قاطعة متساوية لنصف النطر  
س ي تقريباً. ثم يكون ف ي - ف م تقريباً - ف ا - ف س اذا ف س - ف ي  
ولما كانت الشعاع المتوازية الواقعة على مرآيا مقعرة تجتمع الى بؤرتها  
الرئيسة بين المركز وبينها فاذا اصطنع مرآة مقعرة كبيرة وقليلة التغير لكي  
يكون مركزها بعيداً ووضعت امام الشمس تجتمع اشعة كثيرة في بؤرة بعيدة  
وتنقل فعلاً عظيماً بانها تحرق اهلل المواد الخشبية وتذوب المعادن وبعض

الاثربة غير القابلة الذوبان . ونعرف من التاريخ ان ارخيدس الفيلسوف  
احرق مراكب مرسلوس لما حاصر سراقوسا بواسطة امرأة مقعرة . و امرأة كهنة  
تصنع غالباً من معادن مصقولة كالنحاس والقصدير . وقد تجمع عدة مرايا  
مقعرة معاً وتركب بحيث تجمع يورانيها معاً فتصهر اقوى المعادن كالبلاتين  
صهراً عجبياً

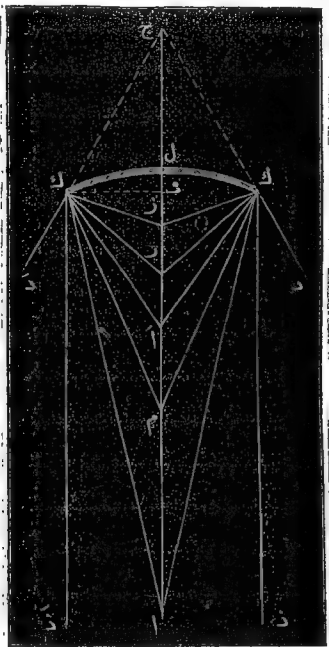
الفضية السابقة تجري على شعاع قرية جداً من محور المرأة سى . وإنما  
إذا ابتعدت الشعاع المتوازية من المحور فالبورة ف تصير اقرب فاقرب الى  
النقطة سى حتى يصير القوس سى ا مساوياً ٦٠° فتطبق نقطة ف على سى . لان  
س ا ف واس ف اذا كان كل منها ٦٠° فالزاوية الباقية من المثلث ا ف س  
لا بد ان تساوي ٦٠° ايضاً وبالنسبة س ف لا بد ان يساوي س ا ف بالضرورة  
تنطبق نقطة ف على نقطة سى

٤٥٣ شعاع منتشرة واقعة على امرأة مقعرة تجمع الى بورة  
يتغير موقعها كتغير بعد الضوء عن المرأة بموجب هذا الناموس  
ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس على جانبي نصف قطر  
التغير متساويتان

فان كانت نقطة نور ا بعد عن المرأة من المركز كما اذا كانت عند ا  
( شكل ٢٤٠ ) تكون البورة بين المركز والمرأة . او كانت المركز فالشعاع  
ترجع اليه . او كانت اقرب الى المرأة فالبورة تجاز الى الجانب الاخر منه  
وتدوم تبعد عنه حتى تصل النقطة المنيرة الى موقع البورة الرئيسة فلا يكون  
لها بورة حيث لا بل تنعكس اشعتها متوازية وقبل وصولها اليها اذ تكون بينها  
وبين المركز ترتي بورتها على الجانب الاخر منه الى بعد غير متناهي . واخيراً  
إذا جعلت النقطة المنيرة اقرب الى المرأة من البورة الرئيسة فالشعاع تنشر

ولا ترجع الى بورة ايضا . وكل ذلك يتضح جليا من ناموس الانعكاس اذ تجعل زاوية الوقوع على جانب نصف قطر المرأة الذي بحسب عموديا عليها

شکل ۲۴.





المنبر وبورته المتقابلة يسميان البورتين المنضمين . ففي هذا المثال البورتان المنضمتان يتقاربان حتى تلتقيا في المركز ثم يتباعدا على جانبيه حتى تصل البورة القريبة من المرأة الى البورة الرئيسة اذ تقترب البورتان احدهما عن الاخرى الى بعد غير محدود

ثم لان كم ينصف زاوية الك أ ف حسب ( اقليدس ق ٢ ك ٦ )  
 الك : أ ك :: ام : آ م اي ان نسبة بعد البورة خلف المركز عن سطح المرأة الى بعد التي امامة عنه هي مثل نسبة بعد الاولى عن المركز الى بعد الثانية عنه  
 ثم لنجد عبارة جبرية منها يعرف واحد من هذه الثلاثة الاشياء وهي الك م ك  
 آ ك ان عرف اثنان . ارسم ك ف ( شكل ٢٤٠ ) عموداً على ال

$$\text{ولما كان ك أ ف - ك م ف + آ ك م}$$

$$\text{و ك أ ف - ك م ف - آ ك م}$$

فاذا جمعنا هاتين المعادلتين فلان آ ك م - الك م يكون

$$\text{ك أ ف + ك أ ف - آ ك م ف}$$

ولكن ان فرض ان المرأة قسم صغير من سطح منعد لكرة فهذه الروايات تساوي جيوبها تقريباً ولذلك ج ك أ ف + ج ك أ ف - آ ك م ف

$$\text{وحسب حساب المثلثات ج ك أ ف - ج ك أ ف - آ ك م ف}$$

$$\text{و ج ك أ ف - آ ك م ف}$$

$$\text{و ج ك م ف - آ ك م ف}$$

$$\text{اذنا } \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}} + \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}} - \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}}$$

$$\text{او } \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}} + \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}} - \frac{\text{ك ف}}{\text{آ ك}}$$

فان عرف اثنان من هذه الثلاثة الاجزاء من المعادلة نجد الثالث بسهولة

س امرأة مقعرة نصف قطرها ١٠ عند وقع عليها نور منتشر من نقطة على بعد ١٤ عندها امام المرأة المطلوب بعد البورة المنضمة عن المرأة

ج  $\frac{1}{14} + \frac{1}{14} - \frac{1}{14}$  وكأ - ٧٠٧٧ عقد

س إذا انشرف قلم من نور من نقطة بعدها ٣٤ عقدة من مرآة مقعرة  
نصف قطرها قدما ن مطلوب بورتها المنضبة

ج ك أ - ١٨٥٤ عقدة

٤٥٤ إذا وضع شمع أمام مرآة مقعرة. فلصورته مقادير ومواقع

مختلفة نتوقف على بعد الشمع عن المرأة

ان لذلك اربعة احوال

(١) متى كان شمع بين المرأة وبورة الشعاع المتوازية تظهر الصورة خلف  
المرأة وابتعد من الشمع عنها واكبر منه . لتكن م ن مرآة مقعرة (شكل ٢٤١)  
وت مركزها و ا ب الشمع . من ت ا رسمت ا آ ت ب ب وليوضع الشمع بحيث  
تصل الشعاع المنعكسة الى العين عند ج . فالشعاعان اذا ذا الخارجتان من ا  
تتعاكسان الى العين عند ج جاعلة مع العمود ت ذ ا و ت ذ زاويتين  
شكل ٢٤١



متساويتين وتشتريان كأنها اثنا من  
نقطة بعيدة الواقعة في تقاطع هاتين  
الشعنتين عند التقائهما بالعمودي  
ت ا آ . فلان آ دب - ت دج -  
ت دا فزاوية آ دب - ت دا وبالنظر  
الى مثلث د ت ا زاوية د ا آ اعظم من  
ت دا فهي اعظم من آ دب وبالنظر  
الى مثلث آ د ت زاوية آ د ب اعظم  
من د آ ا فبالاخرى تكون زاوية د ا آ  
اعظم من د آ ا فخط د آ اعظم من د ا .

ثم اذا رسم من د العمودي د ل على ت آ فواضح انه ينصف زاوية ا د ا

وبوجب اقليدس (ق ٢ ك ٦)  $آد : دا :: آل : ل$  او قد تبين ان  $آد$  اعظم من  $دا$  اذا  $آل$  اعظم من  $ل$  وبالاخرى  $آ$  اعظم من  $دا$ . وعلى هذا الاسلوب يبين ان الشعاعين  $ب د ب$  قد دخلان العين كأنهما خرجتا من  $ب$  حيث يلتقيان بالخط  $ب ب$  وان  $ب د$  اعظم من  $د ب$ . فيكون من مشابهة المثلثات  $آ ب آ$  اعظم من  $اب$  بنسبة  $ت ب$  الى  $ت ب$ .

(٢) اذا وضع الشئ في بورة الخطوط المتوازية فالشعاع تخرج متوازية ولن تجمع بعد حتى تصنع صورة من ذاتها ولا تاتي من نقطة خلف المرآة فتصنع صورة وهمية كما في الحال الاول.

(٢) اذا وضع الشئ بين بورة الشعاع المتوازية والمركز تصنع الصورة على الجانب الاخر من المركز مقلوبة واكبر من الشئ. لتكن  $م$  (شكل ٢٤٢) المرآة المنعرجة مركزها  $د$  وبورة الشعاع المتوازية  $ا ب$  الشئ. من  $د$  ارسم  $دا$  ود  $ب$  واخرجها الى  $آ$  و  $ب$ . ثم لتكن  $ا ر ا ج$  و  $ب ر ب ج$  حزمتين من الشعاع جاريبتين من الطرفين  $ا و ب$ . فذه الشعاع بعد الانعكاس في جهات  $ر ا و ج$   $آ ر ب ج$   $ب$  تلاقي العمودين  $د آ د ب$  في نقطتي  $آ و ب$  على بعد من المرآة اعظم من بعد المركز  $د$  وهناك



شكل ٢٤٢

تصطاع صورة هاتين النقطتين من الشئ وهكذا باقي النقط بينهما كما مر. اما كون الصورة ابعد عن  $د$  من الشئ فلان الشعاعين  $ار$  و  $ا ج$  يجعلان زاويتين متساويتين مع نصف القطر  $د ر$  فتكون  $د آ$  اعظم من  $دا$  بقدر ما تزيد  $آ ر$  على  $را$  اقليدس (ق ٢ ك ٦) و  $آ$  اعظم من  $ا$  لان  $ر آ$  ابعد من  $را$  عن عمودي

يرسم من رالى آل افليدس (ق ا ك ا) فبالضرورة آد اعظم من دا وسيف  
 المثلثين المتشابهين آد ب واد ب نسبة آ ب : اب :: آد : ا د اى ان الصورة  
 اعظم من الشج بمقدار زيادة بعد الصورة عن المركز على بعد الشج عنه  
 (٤) اذا وضع الشج ابعد من مركز المرآة المفعة تكون الصورة بين المركز  
 وبورة الشعاع المتوازية مقلوبة واصغر من الشج. وذلك يظهر من (شكل ٢٤٢)  
 لان هذه الحال قلب التي قبلها وتصح اذا افترضنا ان الشعاع تاتي من آ ب  
 وتنعكس الى اب اذ يكون آ ب الشج و اب الصورة. واذا وضعت النقطة  
 الوسطى من الشج في مركز المرآة تنطبق الصورة على الشج وتنقلب. اما كون  
 مركز الصورة ينطبق على مركز الشج فينبغي ما تقدم اذ كانت الشعاع المنعكسة  
 ترجع في طريق الشعاع الواقعة او العبودي والاشعة الصادرة من طرفي الشج  
 اب تجعل زوايا متساوية مع هذا العبودي على جانبيه ولذلك تقع على الشج  
 صورة مقلوبة راجعة من المرآة

ان الاحوال المذكورة تتأكد بالتجربة. فلنفرض ان مصباحا مضيئا موضوعا  
 قريبا جدا من مرآة مفعة فلا تصنع صورة امامها لان الشعاع تخرج حينئذ  
 منفرجة ولكننا نرى صورة المصباح مكبرة خلف المرآة. ثم يابعد الضوء عن  
 المرآة الى نحو البورة الرئيسة تبعد الصورة بسرعة على الجانب الآخر من المرآة  
 ولا تزال تتعاضد حتي يصل الضوء الى البورة المذكورة وحينئذ تخفى الصورة  
 سريعا. وينقل الضوء ابعد قليلا توجد الصورة على بعد امام المرآة مكبرة جدا.  
 ثم اذ يقترب الضوء الى المركز تقترب اليه الصورة على الجانب الآخر منه ولا  
 يزال حجمها يتناقص حتي يلتقيا ويتطابقا في المركز. ثم ينقل الضوء الى ابعد  
 تظهر الصورة ايضا بين المركز والبورة اصغر حجما ولا تزال تقترب الى البورة  
 بابطاء ولكنها لن تصل اليها مالم يعتبر النير على بعد غير محدود كالنواكب  
 السموية. وكل ذلك يوضح الاحوال المذكورة

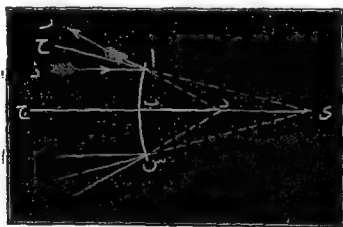


المنعكسة الى هذه البورات يرى انها تتقاطع كما في الشكل وتصنع بتقاطعا  
مغني المحترقات م ك . ومثل ذلك يصطنع مغني المحترقات ن ك بوقوع قلم  
شعاع على النصف الاسفل من المرآة . ويسميان بذلك لان النقط التي ترسم  
هذين المنحنين هي المع واحر من سائر الفسحات لاجتماع الشعاع والحرارة التي  
تنصب الشعاع في تلك النقط . وهذان المنحنيان يظهران على وجه الحليب في  
كاسه بيضاء او فنجان موضوع في الشمس

٤٥٦ الانعكاس عن مرآة محدبة . اذا وقعت اشعة متوازية  
على مرآة محدبة تنعكس كأنها منفرجة من نقطة خلف المرآة .  
ويقال لهذه النقطة البورة الوهمية

لتكن ا ب س مرآة محدبة مركزها ي وتكن ذ ا ح ب شعاع متوازية واقعة

شكل ٢٤٤

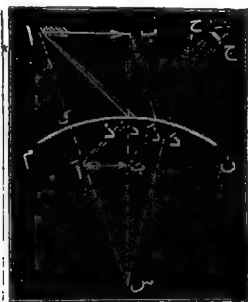


عليها اخرج اي الى ح واجعل الزاوية ح ا ر - ح ا ذ . فلان زاوية الانعكاس  
تساوي دائماً زاوية الوقوع فالشعة ذ ا تنعكس في جهة ا ر كأنها صدرت من  
النقطة د . وكذلك الزاويتان د ا ي د ي ا متساويتان كما يتضح ذلك بادي  
تأمل بموجب الهندسة فخط د ا - د ي وان كانت المرآة صغيرة يُشعران خط  
د ي - ب د اي ان بورة الشعاع المتوازية او البورة الرئيسة هي د في النقطة  
الوسطى لنصف قطر التحديب . ولكن نقطة د ليست النقطة حيث تجتمع الاشعة



اليه ولا يصل الى النقطة د تصل ذ اليها. وعلى هذا الاسلوب اذا ابتعدا عن  
المرآة فالبورة ذ تبعد عنه واذا كان ا بعيدا الى غير نهاية كجسم سموي او منى  
انت الشعاع متوازية كما في (شكل ٢٤٤) فالبورة ذ تصل الى مكان البورة  
الرئيسة

٤٥٨ اذا وضع شيخ امام مرآة محدبة تظهر الصورة اقرب الى  
سطحها من الشيخ واسغر منه حجما  
لتكن م ن (شكل ٢٤٦) مرآة محدبة مركزها س والشيخ اب. وليكن  
شكل ٢٤٦



موقع الشيخ بحيث تدخل الشعاع المنعكسة عنه في العين عند ح. من س ا رسم  
س اس ب يقطعان المرآة م ن في ي وذ. فالشعنان اذا د تنعكسان الى ح  
وج جاء لثني زاويتين متساويتين مع كل من العمودين الخارجين من س  
الى ذ والى د ولذلك تدخل العين كأنها انت من نقطة ما مثل آ عند تقاطع  
هاتين الشعتين بالعمودي اس فتظهر صورة نقطة ا من الشيخ عند آ. وعلى هذا  
النوال ب ذ ب د الواقعة على نقطتي ذ د تنعكسان الى العين كأنها اتا  
من ب حيث يقطعان العمودي المرسوم من ب الى س. ثم اذا كانت الشعاع



المنعكسة تنفرج أكثر من الواقعة تكون النقطة أقرب الى المرآة من ا وتكون الصورة أ ب اصغر من الشخ اب بنسبة س ب الى س ب

٤٥٩ في مرايا كروية سواء كانت مقعرة او محدبة نسبة قطر الشخ الى قطر الصورة كبعد الشخ عن المركز الى بعد الصورة عنه. وايضا كبعد الشخ عن وجه المرآة الى بعد الصورة عنه

لأنه بالنظر الى المرآة المقعرة والمحدبة ترى الشخ والصورة يقابلان زاوية مشتركة وزاويتين متساويتين عند المركز والمحيط وبمشابهة المثلثات يكون ظلوما كبعدهما عنها . ففي (شكل ٢٤٦) مثلاً نرى اب وآ ب يقابلان اس ب المشتركة عند المركز ومثلث اس ب يشبه آ س ب فقطراها يتغيران كبعدهما عن المركز ويقابلان اذ ب وآ ذ ب المتساويتين ومثلث اذ ب يشبه آ ذ ب فقطراها يتغيران كبعدهما عن سطح المرآة وهكذا في المرايا المقعرة

ان الناظر الى مرآة مقعرة يرى وجهه بخلاف بتقريبه او ابتعاده اياها عنه كما يأتي. فاذا مسكها قرب وجهه يرى صورته واضحة لان الشعاع ثاني منفرجة ومكبرة لانها تكون ابعد كما مر وحجمها يتغير كبعدها . وبتبعيد المرآة تصبح الصورة اكبر فاكبر حتى تصل العين الى البورة الرئيسة . ثم من البورة الرئيسة الى المركز لا يرى صورة واضحة لان الشعاع ثاني الى العين مجتمعة الأمر الذي ينافي حصول صورة ممتازة . وعند المركز ترى العين صورتها فقط اذ كانت الصورة تنعكس الى الشخ وتنطبق عليها وتفي اجزاء المركز يرى وجهه على الجانب الآخر من المركز امام المرآة ولئن تكن العادة تقتاده الى ان يرجعها الى خلف المرآة ويكون اصغراذ يكون اقرب الى المرآة ومقلوبا لان قلمي الشعاع من طرفي الشخ ومن اي نقطتين بينها على بعد واحد منها يتقاطعان فينقلبان بين المركز والمرآة والعين ترى كل نقطة بشعتها

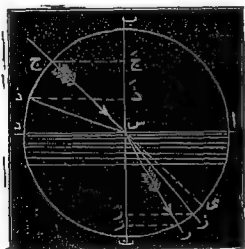
## الفصل الثاني

### في انكسار النور

٤٦٠. انكسار النور هو زيغانه عن جهة مسيره اذا اجناز الى مادة شفافة اكثف او الطف من التي كان مسيره فيها. فاذا اجناز الى مادة اكثف صار الى نحو خط عمودي مرسوم فيها من ملتقى النور بسطحها على ذلك السطح. واذا اجناز الى الطف صار عن العمودي المذكور

فلنفرض ا د (شكل ٢٤٧) سطح ماء مثلاً. وج س شعة من الشمس

شكل ٢٤٧



مارة بالهواء واقعة على الماء. هذه الشعة باجنازها من الهواء الى الماء لا تبقى على جهة مسيرها الى جهة ي بل تزوغ الى نحو س ت العمودي من س على د وتسير في جهة س ر فكانها قد انكسرت الى شعنتين

وهما ج س وس ر ولهذا سي انحرافها عن مسيرها بالانكسار. ونسب ج س الشعة الواقعة وس ر المنكسرة. واذا اخرج س ت الى ب نسي ج س ب زاوية الوقوع

ورس ت زاوية الانكسار ورس ي زاوية الزيغان . واذا فرضنا شععة  
مثل ب س وقعت عمودية فلا تنكسر اذ تنطبق على س ت العمود على د ا  
في الماء ولا يكون بعد بينها لتميل اليه . واذا اجنازت شععة مثل ز س من الماء  
الى الهواء تنكسر اذ تمحيد مبتعدة عن العمود س ب مثل س ذ

٤٦١. اذا اجنازت شععة نور من مادة الى اخرى تختلف عنها  
في الكثافة فليجي زاوية الوقوع وزاوية الانكسار نسبة واحدة ابداً  
بين احدهما والاخر والشععة الواقعة والمنكسرة تكونان في سطح  
واحد

هذا الامر يظهر بالتجربة . لنكن ج س (شكل ٢٤٧) شععة من نور واقعة  
على السطح د ا من ماء او مادة اخرى . فهذه الشععة عوضاً ان تتقدم في خط  
ج س المخرج الى ي تنحرف او تنكسر عند س الى جهة س ر . وعلى هذا الاسلوب  
يرى ان شععة اخرى مثل ذ س واقعة على نفس النقطة س تزوئ او تنكسر  
الى خط س ز . من النقطة س ارسم خط ب س ت عمودياً على السطح د ا .  
واجعل س مركزاً وارسم دائرة ج ب ت . فان قابلنا زوايا الانكسار بزوايا  
الوقوع كل واحدة بالتي تخصها لا نشعر بوجود نسبة خصوصية بينها الا ان  
الواحدة تزداد او تنقص مع الاخرى ولكن اذا قابلنا جيوب هذه الزوايا اي  
الخط ج ج بالخط ر ر والخط ذ ذ بالخط ز ز نجد ان نسبة كل من الزوجين  
الى الاخر ثابتة اذ يكون ج ج الى ر ر ابداً مثل ذ ذ الى ز ز مهما كانت قيمة  
زوايا الوقوع او الانكسار . فان كان د ا سطح ماء واجنازت اليه شععة من الجلد  
فنسبة جيب زاوية الوقوع الى جيب زاوية الانكسار تكون مثل ٤ الى ٣ تقريباً  
وهذه النسبة تبقى على حالها مهما تغيرت زاوية ميل الشععة على سطح الماء واذا  
اجنازت شععة من الجلد الى البلور تكون النسبة مثل ٣ الى ٢ ومن الهواء الى

الكبريت مثل ٢ الى ١ ومن الهواء الى الماس مثل ١ الى  $\frac{1}{2}$ . واذا حسبنا جيب زاوية الانكسار لشعة من الشمس تجاز من الجلد الى الماء واحداً يكون بموجب النسبة المذكورة للماء جيب زاوية الوقوع  $\frac{1}{2} - \frac{1}{4} = 1.25$  وذلك ما يقال له دليل الانكسار. فيكون دليل الانكسار للبلور ١.٢٥ وللكبريت ٢ وللماس ٢.٢٥. فللماس القوة العظمى في تكسير النور. واذا اجتازت شعة من مادة الى الطيف منها ينقلب الدليل فيكون دليل الانكسار للهواء بالنظر الى الماء  $\frac{1}{2} - \frac{1}{4} = 1.25$  وهم جراً. ثم بادخال النور في تقسيم صغير عند ج (شكل ٢٤٧) حتى يجاز في تقسيم آخر عند س بواسطة انبوبة مفتوحة الفوهتين ويقع على قعر الاناء عند ر يوجد بالامتحان ان النقط الثالث ج وس ور في سطح واحد هو عمودي على وجه الماء

ولنا امثلة توضح ما ذكر. فاذا نظرنا الى مجذاف سفينة غاطس في الماء نراه ملوياً او مكسوراً وذلك لان نور الجزء الغاطس الذي به يبصر ذلك الجزء باجنياز من الماء الى الهواء يميل عن العمودي في الهواء فيظهر على جهة الشعبة المنكسرة اعلى مما هو حقيقة ومثل ذلك ظهور قعر نهر مرتفعاً وانقص عمقاً ما هو. ثم اذا وضع جسم كربع مجيدي اوليرة او خلاف ذلك في قعر كاسة ثم رجعت العين عن الكاسة الى ان يخفي الجسم في قعرها بحيث تجز شفة الكاسة عن العين الشعاع الآتية من الجسم وثبتت العين في مكانها فاذا صب ماء حينئذ في الكاسة يظهر الجسم للعين. وذلك لكون الشعاع الآتية من الجسم بعد صب الماء تميل او تنكسر عن العمودي في الهواء المرسوم من ملتقى الشعاع بسطو فتري العين ذلك الجسم على جهة الشعبة المنكسرة في الهواء فيعلو عن مكانه الحقيقي

يتبع ما تقدم انه اذا فرضت زاوية الوقوع باجنياز النور من مادة الطيف الى اكثف او من اكثف الى الطيف تعرف منها زاوية الانكسار. وانه اذا



الانعكاس ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان مثل الشعلة ل ن  
فانها لا تنجز الى الهواء بل ترجع منعكسة عن سطح د ذ في جهة ن ب .  
وتسمى زاوية ج ن ث التي تجعل للشعاع المجتازة ضمنها من الماء الى الهواء زاوية  
انكسار زاوية الانكسار الكلي . فزاوية الانكسار الكلي للماء بالنظر الى الهواء  
 $٤٨' ٢٨''$  ولا يخفى انه اذا فرضنا زاوية الانكسار الكلي - ر ودليل الانكسار  
- د ونصف القطر ا و جيب  $٦٠^\circ - ١$  يكون لنا بموجب ما مر ١ - د - X  
ج د و ج ر - ١ - فلكي نعرف زاوية الانكسار الكلي  
اقسم واحداً على دليل الانكسار يخرج لك جيبها ثم خذ من عمود الجيوب  
الطبيعية الزاوية التي تقابل هذا الجيب فتلك المطلوبة

## مسائل

س<sup>١</sup> اذا وقعت شععة من النور على الماء على زاوية  $٦٠^\circ$  استخرج زاوية  
الانكسار ج  $٣٠: ٤٠$  ج  $٦٠^\circ$  : ج زاوية الانكسار -  $٤٠' ٣٠''$   
س<sup>٢</sup> اذا وقعت شععة من نور على زجاج صافٍ بزاوية  $٦٠^\circ$  مطلوب  
زاوية الانكسار ج زاوية الانكسار -  $٣٤' ٢٨''$   
س<sup>٣</sup> اذا وقعت شععة على الماس عند زاوية  $٦٠^\circ$  مطلوب زاوية الانكسار  
ج زاوية الانكسار -  $٢٠' ٤٨''$   
س<sup>٤</sup> استخرج زاوية الانكسار الكلي للماء الذي دليل انكساره  $١.٣٣٦$   
ج  $٤٨' ٢٨''$   
س<sup>٥</sup> ما هي زاوية الانكسار الكلي للزجاج الصافي الذي دليل الانكسار  
١.٥٣٢ ج  $٤٠' ٤٦''$   
س<sup>٦</sup> ما هي زاوية الانكسار الكلي للماس ج  $٢٤' ١٢''$   
٤٦٢ ان الاجسام الشفافة تختلف كثيراً بعضها عن بعض

في قوة التكسير وقد وضعت القائمة الآتية المعين فيها دليل الانكسار لكل من هذه الاجسام التي منها تعرف قوة تكسير النور لجسم بالنسبة الى اخرى هي هذه

## دليل الانكسار

٢٢٩٧٤	كرومات الرصاص
٢٢٥٦٤	سبيكة فضة حمراء
٢٢٤٢٩	الماس
٢٢٢٢٤	الفصفور
٢٢١٤٨	الكبريت المصهور
١٢٨٣٠	الزجاج الصواني (جزآن رصاص وجزء صوان)
١٢٧٦٨	كبريتات الكربون
١٢٦٤١	زيت الفرفة
١٢٥٤٨	البُور الصخري
١٢٥٤٧	الكهرباء
١٢٥٣٠	الزجاج الصافي
١٢٤٧٠	زيت الزيتون
١٢٤٥٧	الشب الأبيض
١٢٤٣٤	بلورات فلوريد الكلسيوم
١٢٤١٠	الحوامض المعدنية
١٢٣٦٢	الكحول
١٢٣٣٦	الماء
١٢٣٠٩	الجليد
١٢١١١	الباشير الهندية

في القائمة المذكورة قد تعينت قوات تكسير النور لاجسام مختلفة بدون اعتبار كثافتها او اتقاها النوعية وانما الامر واضح انه اذا كان الجسم ثقلاً النوعي خفيف نفس قوة التكسير التي لجسم اخر ثقلاً النوعي اعظم فالاول لا بد ان يكون فعله المطلق على النور اعظم من الثاني. فاذا لكي نقيس قوة التكسير المطلقة للاجسام يجب ان نعتبر ثقلها النوعي. فاذا اعتبرنا ذلك يوجد ان الهيدروجين له قوة لتكسير اعظم مما لجميع الاجسام اذ كانت قوته حسب قول العلامة بروسنر تساوي  $34.953$ . والغاز المذكور هو اشد قابلية للاحتراق من جميع الاجسام. فالاجسام القابلة للاحتراق هي اعظم قوة لتكسير النور. وبناء على ذلك حكم العلامة اسحق نيوتون ان الماس من المواد القابلة للاحتراق قبل اكتشاف تركيبه الكيماوي ثم لما اكتشفوا انه مادة كربونية اي فحمية متبلورة في الطبيعة يتفوق صحة قول نيوتن

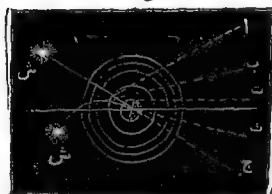
٤٦٣ الفجر والشفق. ان الفجر والشفق هما اضاءة الجلد من نور الشمس قبل شروقها او بعد غروبها ببرهة قصيرة وسبب ذلك كون نور الشمس في مروره من الفضاء الى جلدنا يتكسر ولولا ذلك لم يكن لنا فجر يسبق شروق الشمس ولا شفق يعقب غروبها ولا اثر نور في الليل بل كان النور ينفجر على ظلمة الليل



بغثة حينما تظهر الشمس فوق الافق وكانت الظلمة المحالكة تعقب نور النهار بعد الغروب حالا. فالنور ينحني الى نحونا اذ يقع على الجلد قبلما نرى الشمس صباحا ويظهر فجر وبعد ما تغيب مساء ويظهر شفق. وايضا لما كان النور بتكسيرو ينحني الى نحونا عند ما يخترق الجلد وكان الجسم المنير يرى في جهة الشعبة الاخيرة مها تغيرت جهات مسيره نرى الشمس عند الافق او فوقه قليلا قبلما تصل اليه حقيقة

وعلة ذلك نضع من هذا الشكل لتدل الدائرة الصغرى في الوسط على الارض. ولما كان الهواء عند

شكل ٢٤٩



سطح الارض هو الاكثف ثم يصير الطف فالطف بالابتعاد عنها كما مر يدل عليه (شكل ٢٤٩) بطبقات مختلفة لكي يظهر لك امر الانكسار باجلى بيان. فالطبقة العليا لطيفة

جدا. وكل طبقة تكون اكنف ما قبلها بالاقتراب الى نحو الارض. فالنور الآتي من الشمس ش تحت الافق الى الطبقة الاولى من الهواء عوض مروره في خط مستقيم الى ان ينحني الى نحو الارض. ثم في دخولها في الطبقة الثانية عوض ان يجري الى ب يميل او ينكسر اكثر اذ كانت هذه الطبقة اكنف وهكذا في كل الطبقات. واذا حسبنا الطبقات رقيقة الى غير نهاية كما هو الواقع ينتج ان مرور النور هو في خط منحني. ولما كان الشئ ينظر في جهة الشعاع التي تصل اخيرا الى العين فالشمس تظهر فوق الافق مع انها حقيقة تحته كما ترى. وهكذا

يبين انه اذا كانت الشمس فوق الافق تظهر على ما هي حقيقة الى ان تصل الى خط العرج حيث لا ينكسر النور لكونه يقع حيث يثد عمودياً على سطح الافق ولذلك يميز في الفلك بين طلوع الشمس الظاهر والمحقيقي وهكذا الغروب . فيظهر ان انحناء خط النور من الشمس في الهواء ناتج عن اختلاف كثافة الهواء ولو كان الهواء ذا كثافة واحدة لانكسر النور فيه على خط مستقيم كانكساره في الماء والزجاج . ولو امكنا ان نصنع مادة شفافة مختلفة الكثافة كالهواء تظهر فيها هذه النتيجة عينها

اما السراب او الال فسبب ظهوره تكسر النور باختلاف كثافة الهواء عند سطح الارض من البرودة والحرارة

٤٦٤ ايجاد علو الهواء من الانعكاس . ان الفجر والشفق ليسا ناتجين عن الانكسار وحده بل السبب الاعظم لهما هو الانعكاس . لان الاشعة الاتية من الشمس الواقعة على الهواء قد تنعكس عدة انعكاسات عن سطحه الاسفل او عن سطح الارض وعن سطحه الاعلى فتتغير الجلد قليلاً ويحصل فجر قبل شروقها وشفق بعد غروبها بانعكاسين وتبقى اثر نور في ظلام الليل باكثر من انعكاسين فلا يكون ظلام الليل بغياب القمر حالك جداً بل انور كلياً . ويكون ذلك بانعكاس الشعاع عن احد السطحين للهواء الاعلى والاسفل بعد اختراقها الجلد لجعلها مع العمود المرسوم من ملتقاها بذلك السطح زاوية اعظم من زاوية الانكسار الكلي كما تنعكس الشعلة ل ن في جهة ن ب (شكل ٢٤٨)



يكون ت س اي علو الهواء ٤٠ ميلاً تقريباً

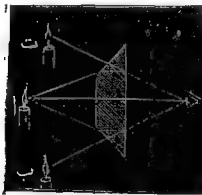
تنبيه . بما ان اعلى طبقات الهواء مادتها لطيفة جداً يوم انه لا ينكسر  
النور ولا يتعكس هناك فقد فرضت س اعلى نقطة انعكس عنها فيكون ٤٠  
ميلاً علوه تقريباً وقد اضافوا للاصلاح ٥ اميال فيكون علوه ٤٥ ميلاً

٤٦٥ انكسار النور في الزجاج . ان الزجاج باعتبار هيئاته  
وانكسار النور فيها يقسم الى نوعين ما تحيطه سطوح مستوية وما  
تحيطه سطوح منحنية فالاول من هيئات شتى كهضاعف السطوح  
والموشور المثلث والمتوازي السطوح . والثاني له ست هيئات يقال  
لها عدسيات وسياتي الكلام على كل منها

المضاعف السطوح تظهر فيه صورة جسم مكررة بمقلد تكرار  
السطوح المعرضة له

فالمصباح عندا ( شكل ٢٥١ ) يرسل شعة الى كل من الثلاثة السطوح  
الزجاجية في المضاعف السطوح الذي تراه .

شكل ٢٥١



فالتى تقع عمودية عليه تجاز بالاستقامة في  
الزجاج الى العين بدون تغيير وتصنع صورة  
في مكانه الحقيقي عندا . ولكن الشعاع  
الواقعة على السطحين الموروين تتغير جهاتها  
بدخولها في الزجاج وخروجها منه كما ترى

في الشكل فتلافي العين في جهتي ب و ت وبالضرورة تصنع صورتين اخريين  
للمصباح عند كلا هاتين النقطتين . والمضاعف السطوح يكون له غالباً  
سطوح عديدة مائلة بعضها على بعض وعدد الصور التي تصنع تكرر بنسبة

تكرار السطوح. وهذا الامر كثيراً ما تجرّبه الاولاد بنظرهم فيه الى نور مصباح  
٤٦٦ الموشور. هو آلة معتبرة في البصريات خصوصاً لانه

يجل النور ويدخل في اصطناع جملة من الالات النور. والمستعمل في  
الالات هو الموشور المثلث فقط والمفهوم من الموشور في البصريات  
قطعة زجاج صلد لها جانبان متوازيان الاضلاع متساويان وجانب  
ثالث يسمى القاعدة. وخط تقاطع الجانبين يسمى الحد والزاوية  
التي يحيط بها الجانبان يقال لها زاوية التكسير للموشور. والخط  
المستقيم المار طولاً في مركز ثقله موازياً للقاعدة يسمى المحور. والقطع  
الذي يصنعه سطح عمودي على المحور هو مثلث متساوي الساقين.  
وغالباً تصنع ثلث زوايا الشكل متساوية كل واحدة منها  $60^\circ$   
هذا الشكل قطع موشور اب س قاعدة اب واس ب زاوية التكسير

شكل ٢٥٢



ودي جبل من شعاع الشمس واقعا  
مائلاً على احد السطحين ب س حيث  
قسم منه منعكس وقسم نافذ في  
الموشور. اما النافذ فعوضاً عن مروره  
بالاستقامة الى الامام واصطناعه

صورة الشمس عند ج يعرج الى فوق نحو العمودي ذ ذ ويلقي السطح  
المقابل س ا في ف حيث يعرج ايضا الى فوق عن العمودي ذ ذ في جهة  
ف ل ناقلاً صورة الشمس من ج الى ل. فان اخرجت الشعاع الواقعة والنافذة  
حني يلتقيان في م فالزاوية ف م ج يقال لها زاوية الانحراف وهذا الانحراف  
يكون ابداً الى نحو القاعدة

٤٦٧ استخراج دليل الانكسار من الموشور. يُستخرج دليل

الانكسار منه بموجب هذه النظرية وهي

دليل الانكسار الا واحدا يساوي ابدا زاوية الانحراف

مقسومة على زاوية الانكسار للموشور

لاجل بيان هذه القضية يلزم ان تذكر انه اذا كانت الزوايا صغيرة فنسبتها بعضها الى بعض مثل نسبة جيوبها تقريبا. واذا كان جيب زاوية الوقوع الى جيب زاوية الانكسار كدليل الانكسار الى واحد كما مر. فاذا افترضنا دليل الانكسار فبموجب (شكل ٢٥٢)

ذيم (- دي ذ) : ذي ف :: ن ا اي في م : ذي ف :: ن ا ا : ا  
و ذف م (- ل ف ذ) : ذف ي :: ن ا اي في م : ذف ي :: ن ا ا : ا  
فاذا ف ي م + ي ف م : ذى ف + ذف ي :: ن ا ا : ا  
اي ف م ج : ذك ف :: ن ا ا : ا

ولكن ذك ف واس ب متساويتان لان الشكل ذو الاربعة اضلاع كى س ف قائمته عند س ويمكن ان يرسم في دائرة والخارجة حينئذ تساوي الداخلة المتقابلة اقليدس (ق ٢٢ ك ٢) فاذا

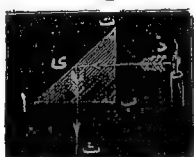
ف م ج : اس ب :: ن ا ا : اي (ن ا - ١) x اس ب - ف م ج  
اذا ن ا - ١ -  $\frac{ف م ج}{اس ب}$  (ون -  $\frac{ف م ج}{اس ب}$  + ١)

ولما كان في موشورات الزجاج ن -  $\frac{١}{٢}$  فاذا  $\frac{ف م ج}{اس ب} = \frac{١}{٢}$  او ف م ج -  $\frac{١}{٢}$  اس ب اي زاوية الانحراف - نصف زاوية الانكسار للموشور الزجاجي. فلكي نستخرج دليل الانكسار لاي جسم جامد يجب ان يصنع الجسم موشورا. لانه اذا تكون زاوية الانكسار للموشور معروفة وزاوية الانحراف نقاس بسهولة نستعمل دليل الانكسار على الفور بقسمة الزاوية الثانية على الاولى واضافة واحد

الى الخارج. وان كان الجسم مما لا يتأق اصطناعه موشورآ كسائل مثلاً يوضع في موشور فارغ مصنوع من زجاج رقيق صاف

٤٦٨ موشور زجاجي قطعة قائم الزاوية متساوي الساقين يستعمل غالباً مكان مرآة او سطح اخر يعكس الشعاع

ليكن اب ت قطع موشور كهذا . الشعـة ذـي الواقعة عمودية على السطح ب ت تدخل الموشور بدون انكسار وتلاقي



شكل ٢٥٣

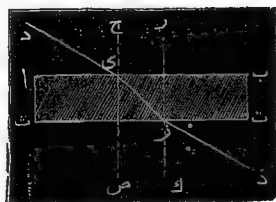
السطح اب على زاوية  $45^\circ$  . ولما كان حد زاوية الوقوع التي ينفذ النور ضمنها من الزجاج الى الهواء في  $42^\circ$  فلا بد ان تنعكس هذه الشعـة كلياً وتخرج في جهة ي ت القائم على ذ ي .

وموشور كهذا يعكس الشعاع يستنسب غالباً ليوضع في آلة بصرية امام العين لاجل تغيير جهة شعاع النور

٤٦٩ نفوذ النور في متوازي السطوح . اذا نفذ النور في مادة

تحتها سطوح مستوية متوازية فالشعة الواقعة والنافذة هما متوازيان

شكل ٢٥٤



ليكن اب ت ت (شكل ٢٥٤)

زجاجة او مادة اخرى شفافة تحيطها سطوح متوازية . ولكن اب وت ث سطحين متقابلين . ولتكن د ي الشعـة الواقعة منكسرة في جهة ي ز و نافذة في جهة ز د . فالشعة

ز د تكون متوازية للشعة د ي . في الفتحتين ي و ز ارم العمودين ح ص

ورك . ثم لما كان ح ص ورك متوازيين فزاوية الانكسار ص ي ز على  
السطح الأول تساوي ي ز ر زاوية الوقوع في السطح الثاني ولكن نسبة جيب  
ص ي ز الى جيب د ي ح كجيب ي ز ر الى جيب ك ز د كما مر فالزاويتان  
د ي ح و ك ز د لابد ان تكونا متساويتين وبالضرورة متمماها اي د  
ت ز د واذا اضفنا الزاويتين المتساويتين اي ز ت ز ي لهاتين تكون  
كل الزاوية د ي ز تساوي د ز ي وبالضرورة الشعتان د ي ز د  
متوازيتان

وقد وجد بالامتحان انه اذا نفذ النور في مادتين متحدتين محاطتين  
بسطوح مستوية ومتوازية فالزاوية الواقعة والنافذة متوازيتان

٤٧٠ زاوية النظر . قبل ان نتقدم الى البحث عن انكسار

النور في العدسيات يقتضي ان نبحث عن زاوية النظر لاجل فهم  
فعل العدسيات في صور الاشباح الواقعة على العين

لتكن ل ك ج ح ي ف اب (شكل ٢٥٥) سهاما امام العين على ابعاد  
مختلفة جميعها متقابلة لزاوية واحدة مشتركة تعرف بزاوية النظر . فلا يخفى ان  
شكل ٢٥٥



النور يرسم على عصب النظر صورة واحدة . فلكي تبقى الصورة على حالها اذا  
بعد الشئ يقتضي ان يزداد سطح المقابل العين وذلك يكون كما لا يخفى بنسبة  
زيادة مربع البعد عن زاوية النظر او يقتضي ان يكون القريب اصغر من  
البعيد بنسبة زيادة مربع البعد . ولما كانت صورة شئ ثابت تتغير كتغير



سطح الشئ فاذا نقل القريب ل ك الى البعيد الثابت اب تصغر صورته بنسبة زيادة مربع البعد . والامر واضح ايضا انه اذا بقي الشئ على حاله وكبرت زاويته بواسطة ما كنتكسر شعاعه في عدسية كما سيأتي تكبر صورته

٤٧١ العدسيات . العدسية مادة شفافة تكسر الشعاع متضمنة بين سطحين منحنيين او بين سطح منحنٍ و سطح مستوي . ويكثر استعمالها في الآلات البصرية لعظم فائدها كتقريب الاشباح او تكبيرها او تصغيرها او غير ذلك وهي تصنع غالباً من زجاج وغالباً نجعلها سطوح كروية وهي ستة انواع كما ترى (شكل ٢٥٦)

شكل ٢٥٦

اشكال العدسيات



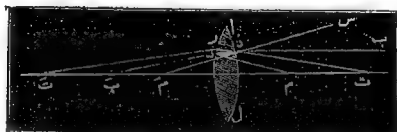
- (١) المزدوجة التحديب مثل ا . فانها مؤلفة من قطعتي كرة قاعدة الواحدة منطبقة على قاعدة الاخرى . وقد تكون القطعتان من كرتين متساويتين او من مختلفتين
- (٢) المفردة التحديب ب وهي قطعة مفردة من كرة احد جانبيها محدب والاخر مستوي
- (٣) المزدوجة التنعيرت وهي مجسم يحيطه سطحان كرويان متفرعان متساويا التنعير او غير متساويين

(٤) المفردة التبعيرث وهي عدسية احد سطحها مستو والآخر مقعر  
 (٥) الهلالية ج وهي عدسية احد سطحها محدب والآخر مقعر غير ان  
 تبعيرها اقل من تحديدها كما ان هيئة الهلال كذلك ولذلك نُسبت اليه .  
 وفعلها فعل عدسية محدبة تحديدها يساوي الفرق بين كرويتي الجانبين  
 (٦) المختلفة الانحناء ح وهي عدسية احد سطحها محدب والآخر مقعر .  
 وانما التبعير اعظم من التحديب ولذلك تساوي عدسية مقعرة كرويتها بمقدار  
 الفرق بين كرويتي الجانبين . اما الخط المار بمركز هذه العدسيات عمودياً  
 على سطوحها المتقابلة فيسمى محوراً . وسميت هذه الاشكال بالعدسيات تشبيهاً  
 للاولى منها بعدسة والثانية بفلقة منها واتبع الباقي بهما نسبةً للكل باسم  
 البعض

٤٧٢ العدسية المزدوجة التحديب . اذا وقع النور على عدسية  
 محدبة موازياً لمحورها يجتمع بعد نفوذه منها في بورة او وقع عليها  
 منفرجاً يزيد انفراجة او وقع من نقطة كان مجتمعا فيها يقل  
 انفراجة

لتكن ا ل عدسية مزدوجة التحديب ومركزا تحديدها م وم وليقع عليها

شكل ٢٥٧



الشعة ب ذ موازية لمحورها فبدخولها في الزجاج عوضاً ان يبقى مسيرها على  
 استقامة تنكسر الى جهة العمودي م ذ وتصل الى د . ثم عند خروجها من  
 الزجاج الى الهواء من مادة اكدف الى اللطف عوضاً ان تبقى جارية في مسيرها

المستقيم تيل عن العمودي م د مخرجاً وتصل الى ب لما مرّ وهكذا بقية الشعاع المتوازية تجتمع عند ب في نقطة واحدة تقريباً وتسمى ب نقطة مجتمعها البورة الرئيسة . ثم اذا وقعت شعة من نقطة منيرة في محورها مثل ت ذ فبدل ان تبقى في مسير مستقيم تيل الى العمودي م ذ . فان كانت في البورة الرئيسة الثانية تنفذ من العدسية متوازية للحوار وان كانت اقرب منها الى العدسية تنفذ منفردة غير ان انفراجها نافذة اقل منه واقعة وان ابعد عنها تجتمع بنقطة في الحوار مثل ت . وتسمى البورة المنضمة للبورت . ولكون ذلك يظهر بقياس زوايا الانكسار فلا حاجة الى اظهاره ببرهان مستطيل . ثم اذا وقعت شعة مثل س ذ الى جهة المركز م لا تنكسر في دخولها اذ تقع حيثئذ عمودية بل تنكسر في خروجها قليلاً عن العمودي فتكون اقرب قليلاً من م الى العدسية ولا يخفى انه كلما كانت الشعة الواقعة اكثر انفراجاً من س ذ تصل الى نقطة اقرب الى العدسية وبالعكس . واما الشعة الواقعة في جهة الحوار ت فلا تنكسر لوقوعها عمودية على كلا السطحين المحديين . ولكي يتضح كل ذلك جلياً للدارس نقول انه لما كانت الشعاع المارة الى الزجاج في عدسية محدبة تنكسر الى نحو العموديات المرسومة من ملتفاها بسطح التي كلها انصاف اقطار تلقي بمرکز واحد مشترك للتحديب الواقع عليه الشعاع والخارجة منه تنكسر عن عمودي يلاقي مركز التحديب الاخر فالشعاع المتوازية تجتمع والمنفرجة تصير اعظم انفراجاً والمجموعة تجتمع ايضاً . وكل ما قيل يتضح جلياً بالامتحان بوضع جسم منير امام عدسية وتقريبه وتبعيده عنها فانما تظهر صورته على الجانب الآخر ما لم يكن عند البورة الرئيسة او اقرب منها الى العدسية حيث شعاعه المنكسرة تصير متوازية او منفردة فلا يعود يظهر . ثم اذا ابعد اكثر من ذلك يظهر على الجانب الاخر

٤٧٣ العدسية المزدوجة التغير . اذا وقع النور على عدسية

مزدوجة التعبير موازياً لمحورها ينفرج بعد نفوذه منها عن المحور.  
 وإذا وقع من نقطة في المحور مائلاً عليه فإن كان أبعد من مركز  
 التعبير إلى العدسية يزيد انفرجته وإن كان أقرب يقل وإذا وقع  
 من نقطة فوق المحور منفرجاً عنه يقل انفرجته

لتكن ا ب (شكل ٢٥٨) عدسية مقعرة ثم باتباع مسير الشععة ي د د د  
 د ر يظهر ان فعل كز من سطحي العدسية جعل الشععة ان تزداد انفرجاً عن  
 شكل ٢٥٨



المحور. لان م د وم د لما كانا نصفين قطري التعبير فالشعة ي د بدخولها إلى  
 العدسية عوض ان تأتي إلى ان تنكسر إلى الخط د ز وايضاً بترك العدسية  
 تنكسر إلى د ر فالشعاع المنفرجة تصير بهذه العدسية اعظم انفرجاً عن المحور.  
 والامر واضح انه اذا انت شععة متوازية للمحور إلى د تخرج منفرجة. وإذا مرّت  
 الشعاع بمركز التعبير فلا انكسار. وإذا انت شععة من نقطة بين المركز والعدسية  
 يصير انفرجتها اقل مما كان وذلك لان الشععة حيثئذ تقطع العمودي في جهة  
 تبعد عن المحور فتقبل اليك وتقرّب إلى المحور فيقل الانفرج. والشعاع التي تجتمع  
 لو بقي مسيرها مستقيماً في نقطة خلف العدسية تبعد بتكسيدها فيها. ولكنها قد  
 تجتمع ضعيفة جداً قبلها تكون قوة التكسير للزجاج كافية لان تجعلها متوازية  
 او منفرجة

فينتج ان فعل العدسية المقعرة بخالف المحدبة لان هذه تفرّق الاشعة وتلك



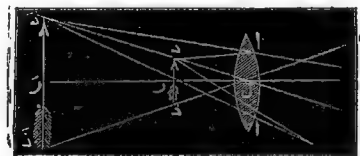
رأ + رأ : رأ :: رد + رد : رد

ثم لان الثلاثة الاجزاء في النسبة الثانية ثابتة لكون الاولين نصفين قطرين  
والثالث محور فالجزء الرابع رد ثابت ايضاً. فالنقطة د تبقى مكانها مهما تغير  
وضع نصف القطرين المتوازيين. فينتج ان جميع الشعاع التي تنفذ في عدسية  
محدبة في النقطة د الواقعة والنافذة منها متوازية . وهكذا يبين في عدسية  
مزدوجة التغير

٤٧٥ الصور بعدسية محدبة . العدسية المحدبة تصنع صوراً  
تختلف كيفيتها وحجمها باختلاف وضعها كالمرآة المقعرة فاذا كان  
الشئ اقرب من البؤرة الرئيسة تبقى الشعاع من كل نقطة منفرجة  
ولكن من نقطة ابعد

مثالة (شكل ٢٦٠) ان كان د ذ الشئ فالشعاع من النقطة العليا د ثيل

شكل ٢٦٠



بالانكسار الى المحور فيقل انفراجها كما اذا انفرجت من د النقطة الظاهرة في  
المحور د المخرج وعلى هذا الاسلوب الشعاع التي من د تنفرج بعد الانكسار  
كانها من د. وهكذا كل نقط د ذ تظهر بورات اشعتها المنتشرة في الصورة د ذ.  
وهذه هي صورة الشئ الظاهرة التي ظهر ان النور اتى منها مع انه بالحقيقة اتى من  
الشئ . وهي مستقيمة لكون محوري قلمي الشعاع المتطرفين ل د ول د لا  
يتقاطعان بين الشئ والصورة. ومكبرة لانها تقابل نفس زاوية دل ذ ابعد عن



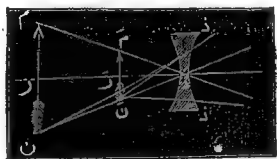
فيظهر ان مقدار الصورة لا يتوقف على مساحة العدسية فاذا غطينا جانباً من العدسية لا يتغير جرم الصورة لان بعدها عن المحور يبقى كما كان غير ان لامعيتها نفل وانما يتوقف ذلك على زيادة تحديقها لانها بذلك تجمع شعاع الصورة فتقربها وتصغرها مع بقاء الشئ على مقداره وبعده . ويتوقف ايضاً على تباعد الشئ عن البورة الرئيسة لانه اذا كان ابعد قليلاً عنها تكون الصورة على الجانب الثاني اكبر لان الشعاع حيثئذ الذي يصنع الصورة على الجانب المذكور يكون قريباً من التوازي فيكون انفرجه اقل من انفرج شعاع الشئ وبالنسبة تكون الصورة ابعد وجرمها اكبر واذا كان الشئ بحيث يكون انفرج شعاعه كانه انفرج شعاع الصورة يكونان متساويين . او كان ابعد من ذلك كما في الشكل فالصورة اصغر

٤٧٧ الصور بالعدسية المقعرة. الصورة تظهر في عدسية

مقعرة غير مقلوبة واصغر من الشئ

لتكن م ن (شكل ٢٦٢) الشئ . فالشعاع من النقطة ن بعد مرورها في

شكل ٢٦٢

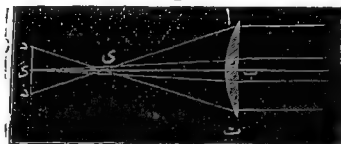


العدسية تنفرج اكثر مما كانت كأنها من ن في نفس المحور د ن وهكذا في بقية النقط . فتكون م ن الصورة الظاهرة وهي مستقيمة واصغر من الشئ وتشبه في كل الاحوال الصورة التي تصنع في مرآة محدبة فراجعها هناك (رقم ٤٧٦)



٤٧٨ الخطأ الكروي . اذا وقعت شعاع متوازية من جسم منير بعيد كالشمس على عدسية لاجتماع بورتها في نقطة واحدة لتكن ا ب ت عدسية مفردة التحديق سطحها المستوي متجه الى الشعاع

شكل ٢٦٣



الواقعة . وليغطّ وسطها بقرص من ورق . فشعاع الشمس المارة في الاجزاء عند طرفيها تجتمع الى بورة عند ي . فان ازيل القرص وغطيت العدسية بكرتوت ذات ثقب صغير في وسطها تتكون صورة الشمس عند ي ابعد عن العدسية من ي . فنرى ان الشعاع التي تجاز مركز العدسية بورتها ابعد عنها من بورة التي تجاز قرب طرفيها . وان عُرِض كل السطح للشعاع تكون بورة الشعاع من الطرفين عند ي وبورة التي من المركز عند ح وبورات بقية الاشعة تكون بينها . فتظهر صورة الشمس عند ي وما حولها هالة من نور تصبح اضعف فاضعف بالابتعاد عنها . فتلك الدائرة من الشعاع التي قطرها د ذ تسمى الخطأ الكروي . وسميت بالخطأ لكون بورة الشعاع اخطأت عن نقطة واحدة ووصف الخطأ بالكروي لكونه ناتجا عن كروية سطحي العدسية . وسي البعد ي ح بين بورة الشعاع الآتية من الاطراف وبورة الشعاع من الوسط طول الخطأ

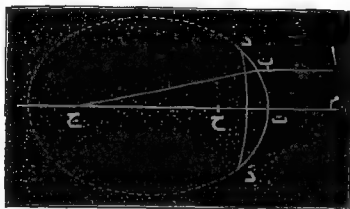
٤٧٩ الخطأ الكروي يختلف باختلاف سمك وانحناء العدسيات . فقد وجدوا بالامتحان ان العدسية المفردة التحديق

إذا اتجه سطحها المستقيم الى الاشعة المتوازية فالخطا الكروي لها  $\frac{1}{2}$  اضعاف ثخنها. وإذا اتجه سطحها المحدب اليها فالخطا فقط ١٧.١ من ثخنها. والعديسات التي لها الخطا الاقل هي المزدوجة التحديد التي نصفها قطري سطحها احدها الى الاخر مثل ١ الى ٦ فاذا اتجه السطح الذي نصف قطره ١ الى الشعاع المتوازية فالخطا يكون فقط ١٧.٠ من ثخنها. ولذلك نجعل العدسات المستعملة في الآلات البصرية رقيقة جداً والنور يمر في الاجزاء الوسطى منها فقط. ولما كانت علة الخطا الكروي قلة تكسير الشعاع عند الاجزاء الوسطى وكثرته عند الطرفين فاذا امكن ان يزداد تحديد العدسية عند الوسط وان يقلل بالتدرج حتى الطرفين يزول الخطا الكروي وذلك يحصل بجعل هيئتها هذلولية او هليلجية كما سترى

٤٨٠ هيئة العدسية التي ليس لها خطا كروي. العدسية التي هي على هيئة الجسم الهليلجي المصنوع من دوران شكل هليلجي حول محوره الاطول الذي نسبة محوره الاطول الى البعد بين بورتيه كجيب الوقوع الى جيب الانكسار تجعل الشعاع المتوازية الواقعة في جهة محورها تجتمع تماماً في بورتها القصوى  
ليكن ب ث ك (شكل ١٢٦٤) الهليلجي المذكور وج بورتاه. ولنفرض



ت ج يكسر كل الشعاع الموازية ت ج الى نقطة ج تماماً. لانه بعد الوقوع على  
شكل ٣٦٥



سطح د ت ذ تنكسر الشعاع الى نحو نقطة ج كما مر ثم بعد نفوذها في سطح د ذ  
لا تنكسر لان جميع الواقعة عليه حيثئذ عمودية لانها توجه الى نحو مركز  
القوس ج

فبين ان العدسية الهلالية التي سطحها المحدب قسم سطح مجسم اهليلجي و سطحها  
المقعّر قسم من سطح كروي مركزه في البورة القصوى ليس لها خطأ كروي  
بل تنكسر الشعاع المتوازية الواقعة على سطحها المحدب الى البورة القصوى. ولما  
اكتشفت الخصائص السابقة للاهليلجي واتي تشبها للهلولي اخذ الفلاسفة  
يبدلون الجهد الكلي بسن وصال عدسيات لكي نصير ذات سطوح هليلجية او  
هلولية وأعد آلات ميكانيكية شتى لهذه الغاية. ولكنهم لم ينجحوا في ذلك لصعوبة  
صقال الزجاج حتى يصير الى الهيئات المشار اليها فلذلك استعملت وسائل  
اخر لاصلاح هذا الخطأ في العدسيات ذات السطوح الكروية. منها الجمع  
بين عدستين وجعل احد الخطأين المتقابلين يصلح الآخر وبذلك يمكن ان  
يصلح الخطأ في بعض الاحوال الى درجة قصوى وفي احوال اخر يمكن ازالته  
كله. اما كيفية ذلك فسياتي الكلام عليها في البحث عن النظارات

تنبيه. ما مر من الكلام على بعض العدسيات ينفع للدارس خصائص  
ما بقي منها فلا حاجة الى التكرار

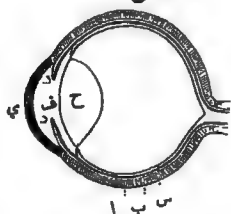
## الفصل الثالث

في البصر والتبصر التي هي العين

٤٨١ العين هي الآلة المعتبرة التي وضعها الخالق عز وجل في الجسد لاجل ادراك المرئيات. وهذا الادراك يعرف بالبصر. وعلة حصول البصر هي النور الآتي من الاشباح المرئية النافذ اليها الذي يرسم صور المرئيات على عصب البصر فيشعر الناظر بها. ولما كان ادراك البحث عنها يتوقف على معرفة تشرحها فلنلتفت الى ذلك بطريقة مختصرة تفي بمقصودنا

فنقول ان العين مؤلفة من ثلاث طبقات وثلاث رطوبات وهذا الشكل

شكل ٢٦٦



يرينا صورة قطع مثله العين وهي الكرة المتضمنة داخل جفونها ووقبها اذا قطعت بجراحة يوضع حدها بين موق العين وزاويتها ومرت الجراحة بسطح مستوي افقي فتري

الطبقة الاولى عندا وهي مؤلفة

من الصلبة المعروفة ببياض المقلة والقرنية بالامام وهذه متصلة ببياض المقلة اتصال بلورة الساعة بغطائها بكونها اعلى واعظم تحديدا منها وهي مقطوعة من

راس هليلجي يجمع الشعاع الى بورة واحدة كما الذي تقدم الكلام عنه ومخلوقة شفافة تماماً لكي ينفذ فيها النور

ثم الطبقة الثانية التي تليها ب. وهي مولفة من المشيمية عند ب وهي سوداء مظلمة ومخلوقة كذلك لكي تمنع ازدياد انعكاس النور الى الخلف والامام في العين والقرحية د د وهي ذات سطح مستوي في وسطه ثقب مستدير يصغر ويكبر بواسطة الياف عضلية مستطيلة وحلقية لاجل قبول الكمية اللازمة من النور فتضم الحلقية الثقب عند كثرة النور كما اذا نظرت العين الشمس وبالعكس عند قلتها كما اذا كان الناظر في الليل وسي هذا الغشاء بالقرحية لشبه الوانء بقوس قزح

ثم الثالثة وهي غشاء رقيق س عليه ترسم صورة الاشباح عند مقدم عصب البصر ويقال لها الشبكية. وهي مولفة خصوصاً من خيوط رفيعة تفرع من العصب المذكور

اما الرطوبات الثلث فاو لها الرطوبة المائية وهي المائلة الفسحة ف وتمتد الى امام القرحية وخلفها. فترى هيئتها كهيئة عدسية هلالية وسميت بالمائية لشبهها بالماء

وثانيها ما يقال لها الرطوبة البلورية ح وهيئتها هيئة عدسية مزدوجة التعديب لكن تحديبها الخلفي اعظم من الامامي. ولقبت بالبلورية لشبهها بالبلور في صفاتها وشفافيتها. وما ينبت منها بنوع خصوصي الى حكمة باربها كون اجزائها الوسطى مصنوعة اكثف من التي حولها لكي تعظم قوة تكسير الاشعة فيها فيزول الخطا الكروي

وثالثها الزجاجية المائلة كل التجويف داخل الطبقة الشبكية س. وهي مادة متجمدة قليلاً اشبه بالزجاج. وهذه الرطوبات الثلث مع القرنية خلقت شفافة منخية السطوح لاجل نفوذ النور وتكسيفه في العين لكي تجتمع ويطبع

صور الاشباح الخارجة على الشبكية فيشعر الناظر بالمرئيات. فمن يلاحظ ما ذكر وما سيذكر في العين ولا يتعجب من حكمة وقدرة بارئها فهو بليد احق  
٤٨٢ البصر الجلي وحد البصر. انه لكي يكون البصر جلياً

يفتضي ان الشعاع الآتية من كل نقطة من الشئ المرئي عند تجمعها  
تلتقي معاً او تتجمع الى بورة واحدة على الشبكية في العين  
فا لشعاع التي تاتي من اتلتي على الشبكية عند ب والتي من س الطرف  
الاخر تتجمع الى بورة عند د . فعضلات العين لها قوة وافة في تدبير العين

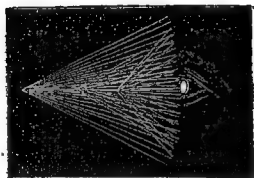
شكل ٢٧٠



لبصر الاشباح على ابعاد مختلفة اذ تزيد تحذب العدسيات فيها للشئ القريب  
وتقلل للبعيد وتبعد الشبكية او تقربها فتجمع الشعاع في أكثر الاحوال على  
الشبكية تماماً فليس لها خطأ كروي . غير انها تعجز عن ذلك اذا كانت  
الاشباح قريبة جداً . ويظهر لك ذلك بتقريب شئ كاصبعك اليها بالتدرج  
فتصل الى حد لا تعود تراها باجتنازك هذا الحد وهذا ما يقال له حد البصر .  
وهذا الحد يختلف في الاشخاص قليلاً وإنما معدلة نحوه قراريط . فاذا كان حد  
البصر لشخص اقرب من ذلك كثيراً قيل انه قصير البصر او بالعكس قيل  
انه بعيد . وسبب عدم بصر الاشباح اذا قربت الى العين حتى تجتاز حد البصر  
هو ان الشعاع المنتشرة من كل نقطة فيها الى كل الجهات تنفرج بزيادة تقربها  
بحيث لا تعود القرنية والعدسيات تستطيع ان تجمعها بالكفاية لكي تكون  
بورتها على الشبكية التي هي علة ادراك المرئيات وتضع لك ذلك من النظر  
الى (شكل ٢٧٠) . فاذا قرب شئ دقيق جداً الى البصر فكلما يقرب يزداد

وضوحاً الى ان يمتاز حد البصر. وعند ذلك تنفرج الاشعة كثيراً حتى لا تعود العدسيات قادرة ان تجمعها بحيث

شكل ٢٧١



يكون البصر جلياً كما ترى في الشكل .  
وحينئذ يقتضي استعمال المكروكوب التي  
سذكرها في الكلام على الآلات متوسطة  
بين الشبح والعين لكي نقلل انفرجها  
وتكثرها فتساعد العين على ان تبصرها

٤٨٣ قصير البصر وبعيد البصر . ان هيئة العين في بعض

الاشخاص تجعلها غير قادرة ان ترتب ذاتها حتى تحكم الاشعة  
بحيث تبصر الاشباح على ابعاد مختلفة

فالقصير البصر يمكنه ان ينظر جلياً الاشباح القريبة فقط . وسبب  
ذلك هو تجمع الشعاع الى بؤرة اقرب مما يقتضي بداعي زيادة تحديب العين

شكل ٢٧٢



فلا تصل الى الشبكية كما ترى ( شكل ٢٧٢ ) لانه يظهر ما مر في العدسيات  
انما كلما زاد تحديبها زادت قوتها في تكسير الاشعة وجعلتها الى اقرب . وبناءً  
على ذلك لا تكون صور الاشباح جلية لدى قصير البصر . فلو امكن بطريقة  
ما تقرب الشبكية الى امام او تقليل التحديب في العين لزالَت الصعوبة .  
ولكن اذ كان الاول غير ممكن والثاني قد يصير بزيادة الكبر بعد مضي



زمن طويل يصير اصلاح ذلك بتوسط عدسية مقعرة لان هذه من شأنها ان تزيد انفرج الاشعة فتصغر الاشباح وتقربها كما مر فتقاوم قوة العين الشديدة في التكسير

اما بعيد البصر فحالاته بالعكس لان قوة التكسير ضعيفة في عيونه حتى اذا نظرت اشباحاً قريبة فالشعاع من كل نقطة في الاشباح لا تجتمع في بؤرة في شكل ٢٧٣



سطح الشبكية بل اذا اخرجت تجتمع خلفها كما ترى ( شكل ٢٧٣ ) فلا تظهر الصورة واضحة . وتستعمل في هذه الحال الزجاجات المحدبة اذ تجعل الشعاع المنفرجة من كل نقطة اقل انفرجاً قبل دخوله القرنية

٤٨٤ انقلاب الصور في العين . ان الصور التي يرسمها النور الآتي من الاشباح على الشبكية تنقلب بالنظر الى الشئ . ويبرهن ذلك بان تاخذ عين ثورا وخروف وتسخر اللحم عن الجزء الخلفي منها باحتراس مبقياً قشرة فوق الشبكة ثم تضع مصباحاً امام العين فتظهر لك صورته منقلبة على الجزء الخلفي منها

واذا سئل هنا لماذا ترى الاشباح مقومة مع انها ترسم على الشبكية منقلوبة . فالجواب ان اخبارنا بواسطة حاسة اللمس ولين رأيناها منقلوبة يعودنا على ان نشعر بها مقومة هذا ما ذهب اليه بعضهم .

وذهب اخرون ان العصب بعد ان ترسم صورة شبح على الشبكية  
 مقلوبة يشعر بكل جزء من الشبح على خط مستقيم في جهة محور  
 قلم الشعاع المجموع برطوبات العين كما يبان في (شكل ٢٧٠)  
 وتلك الجهة تقابل جهة الجزء المرسوم في الصورة على الشبكية  
 فيشعر بالشبح مقوماً. لان البصر يدرك بشعاع النور المستقيمة  
 المرئيات وجهاتها كما يدرك السمع بموجات الهواء الاصوات  
 وجهاتها. فما اتى من النور من اسفل الشبح ورسم اعلى الصورة على  
 الشبكية يشعر به انه آت من اسفل وبالعكس ما اتى منه من  
 اعلى الشبح. وعندى ان المذهب الثاني هو الصواب بدليل انه لو  
 شفي بصر الامه اي من هو من ولادته اعى لاقتضى على الاول ان يبصر  
 اولاً كل شيء مقلوباً وان يعتمد حينئذ على حاسة اللمس في  
 اصلاح الخطا الى ان يعتاد ان يراه مقوماً وذلك خلاف الواقع.  
 وعلى المذهب الثاني نرى حكمة البارى الذي لا اله الا هو في جعل  
 شعاع النور ان تسير على خطوط مستقيمة ووضع رطوبات شفافة  
 في العين لكي تجمع الاشعة فتقلب الصور وتدرج مقومة كما  
 هي. ولوانت الاشعة التي من اسفل الشبح الى اسفل العين والتي  
 من اعلاه الى اعلاها بعد انكسارها لبانت جميع الاشباح مقلوبة.  
 فالحكمة هنا بقلب الصورة اذ كان قلبها علة لابصار الاشباح مقوماً

٤٨٥ البصر المفرد والمزدوج. اذا نظرنا شجراً بالعينين ترسم في كل عين صورة له وعصب البصر في كل يرسل صورته الى المخ. ومع ذلك لا يشعر البصر بالأبصورة واحدة ما دام العينان احدهما تقابل الاخرى في الوضع وذلك لان الصورة في عين واحدة تقع على شبكيتها نفس موقع الصورة في العين الاخرى وهذا ما يسمى بالبصر المفرد. وتكون احدى العينين تقابل الاخرى تماماً متى ما التا الى جهة واحدة معاً الى فوق وإلى تحت وإلى الجانبين بدون ادنى خلل. ويتبين لك لزوم هذه المقابلة بكبس الاصبع على احدى العينين في جهة ما اذ تترك الاخرى مطلقة لكي تتحرك الى حيث تحركها العضلات. فاذا فعل ذلك يظهر كل شجراً زوجاً لان صورته في عين واحدة تستقر على قسم من الشبكية يختلف عن الذي تستقر عليه صورة الشج في العين الاخرى فيحمل العصب الى المخ صورتين وهذا ما يقال له البصر المزدوج. وهذا الشيء نفسه يحدث في الحول اذ لا تتفق عضلات العينين في فعلها. ولا يكون بصر مزدوج غالباً في الحول المزمن لان العقل يكون قد تعود ان لا يعتبر التأثير الحاصل من العين الحولاء وانما اذا حدث حول بغتة من مرضي يحصل بصر مزدوج لان التعود المذكور الذي يمنعه يقتضي برهة لاجل الحصول عليه

٤٨٦ اثر الصورة في العين . ان اثر الصورة التي يرسمها  
النور في العين يبقى برهة قصيرة بعد زوال النور نفسه . لانه اذا  
اشعلنا طرف عصاً وادرنها بسرعة تجعل حلقة من نور وذلك  
ليس الآن اثر الصورة بقي على حاسبة البصر زمناً اطول من  
الزمن الذي بقيت فيه النقطة المنيرة في مرورها حول الدائرة .  
ولهذا السبب ايضاً انصاف اقطار دولاب واجزاء اخر من الآلة  
متحركة بسرعة تظهر سطوحاً غير منقطعة مدة حركتها مع ان هذه  
الاجزاء مصنوعة مفترقة بعضها عن بعض بينها فرجات متسعة .  
وكذلك البرق والشهب تظهر راسمة خطوطاً مستطيلة من النور  
لان مرورها في الجلد سريعاً جداً فلا تفقد العين اثر الاجزاء  
الاولى حتى تضاف الاخرى

وعلى هذا المبدأ قد اخترع لعبة للاولاد يقال لها ثومانروب من لفظة  
يونانية معناها ادارة معجبة . ويظهر لك مثالها في ( شكل ٢٧٤ ) الذي يدل  
على دائرة من كرتون على وجهها الواحد مرسوم كلب وعلى الاخر رجل .

شكل ٢٧٤



وجانبان متقابلان من محيط الكرتونة مربوطاً فيها خيطان بها تحرك الكرتونة  
بسرعة اذ يمسك كل منها بين الابهام والسبابة من كل من اليدين . فهذه

الحركة تدار الصورتان على الوجهين المتقابلين بسرعة امام العين على التوالي .  
فاذا كانت الحركة سريعة والعين ابطت أثرت كليهما فالاثنتان تظهران متحدتين  
اي ان الرجل يظهر على ظهر الكلب

وعلى هذا المبدأ تصطنع الالة التي يقال لما فتنت مسكوب وهي مولفة من  
خزانات في دائرة حاملة على حدودها صوراً مختلفة بينها نسبة فكل صورة  
تالية لها علاقة بالسابقة واذا ظهرت جميعها معاً بحركة سريعة تُظهر رسماً غريباً  
يتم به عمل غريب مبهج . فقد تكون بداية الصور موسيقي\* في يده كنجاً وقوس\*  
مبتدئ\* بتشغيلها . والصورة الثانية قوس مجرورة أكثر فتُظهر الصورة مجموعاً  
فيها الصورتان معاً بحركة سريعة حركة قوس كنجاً اعتيادية . وعلى هذا  
الاسلوب يتم الرقص ولعب الخيال وما شاكل ذلك

## الفصل الرابع

في انحلال النور وما يتعلق به

٤٨٧ الطيف المنشوري . ان النور باجنأزه من مادة الطف  
الى اكثف لا يطرأ عليه الانكسار فقط بل انما ينحل او يتفرق الى  
الوان ايضاً تختلف عن لونه الاصلي الذي هو الابيض فينحل حبل  
من شعاع الشمس الى الوانه بعد نفوذ من منشور او عدسية محدبة  
او كرة من مادة زجاجية او خلافاً من المواد الشفافة . والمنشور

الزجاجي هو الأكثر استعمالاً لاجل اظهار انحلال النور . فاذا دخل حبل الشعاع من ثقب او كوة الى غرفة مظلمة ووقع على منشور عميل بالانكسار عن حد المنشور كما قد تقرر ( رقم ٤٦٦ ) غير انه يظهر ان بعض الشعاع تميل أكثر من البعض الآخر عن طريقها الأصلي . فالحبل الاسطواناني المستدير لا يبقى على هيئته بعد مروره في المنشور بل يصير مستطيلاً على هيئة مكينة واذا وقع على سطح من ورق يظهر له سبعة ألوان مرصوفة بعضها فوق بعض على هذا الترتيب البنفسجي اذ يكون ابعد الالوان السبعة عن خط المجري الأصلي لحبل النور ثم النيلي ثم الأزرق ثم الأخضر ثم الأصفر ثم البرتقالي ثم الأحمر . ويسمى هذا الرصيف بالطيف المنشوري او اذا اتى النور من الشمس بالطيف الشمسي

وذلك بتضع من النظر الى ( شكل ٢٧٥ ) . لتكن د الثقب التي فيها

شكل ٢٧٥

نفسه



يدخل نور الشمس وذ الدائرة المتبيرة حيث يقع فحالما يعرض المنشور ابنت

وحد الانكسارات له الى تحت يميل حبل النور الى فوق بدخوله في الزجاج  
ومخروجه منه ويرسم الطيف على سطح يوضع امام المنشور وترى السبعة الالوان  
المذكورة كما في الشكل والبنفسجي الابدع عن دذ. وقد نظمت له لاجل حفظه  
وتذكره في الذهن هذه الايات الثالثة وهي

الوان طيف الشمس سبعة يرى ترتيبها فيه كما سيذكر  
بنفسجي ثم نيلي يليه وازرق يليه ثم الاخضر  
واصفر وبرتقاني كذا وفي ختام الكل يأتي الاحمر

والمسافات المشغولة بالوان الطيف النافذ من منشور زجاجي زاوية  
انكساره ٦٠° مختلفة. فاذا فرضنا ان طول الطيف ٢٦٠ جزءا كان الاحمر  
شاغلا ٤ منها والبرتقاني ٢٧ والاصفر ٤٠ والاخضر ٦٠ والازرق كذلك  
والنيلي ٤٨ والبنفسجي ٨٠ ثم اذا ادرحد الانكسار المنشور الى فوق يميل  
حبل الشعاع الى اسفل ويتقلب ترتيب الوان الطيف فيصبح البنفسجي اسفل  
وفوقه النيلي الخ والاحمر في الراس. وذلك دليل على ان اللون الاحمر هو  
اللون الاقل انكسارا والبنفسجي الاعظم وان الترتيب من الواحد الى الآخر  
يبقى على حاله ابدا

والمنشور يحل النور من اي مصدر كان على الاسلوب المذكور وبرينا  
فضلا عما ذكر ان كل جسم منير له نوع من النور خاص به وان الالوان  
توجد على نسب مختلفة في كل الاجسام المنيرة فلكل نجم طيف يختلف عن  
طيف الشمس وعن طيف اي نجم من بقية النجوم

٤٨٨ شعاع الحرارة والشعاع الكيماوية وشعاع النور. ان في  
حبل النور ما عدا الالوان السبعة شعاع حرارة خفية ايضا. وهذه

شكل ٢٧٦

... الفعل الكيماوي الاعظم



بنفسجي ٨٠

نيلي ٤٨

ازرق ٦٠

اخضر ٦٠

اصفر ٤٠

برتقالي ٢٧

احمر ٤٥

...النور الاعظم

...الحرارة العظمى

الشعاع تكثر تحت

الشعاع الحمراء من

الطيف وثقل عند

الطرف الاخر منه اذ

كان الترمومتر يصعد

زيبقة بوضعه (شكل

(٢٧٥) على حد اللون الاحمر اكثر ما يصعد في مكان آخر من الطيف ولا يكاد يصعد عند اللون البنفسجي ومن ذلك استدلو على ان شعاع الحرارة اقل انكساراً من شعاع الطيف. ثم انه يلاحظ ان الكمية العظمى من النور على الحد بين الشعاع البرتقالية والصفراء. ثم في الطيف نوع آخر من الشعاع وهو الشعاع الكيماوية وهي اعظم انكساراً من شعاع اي لون منه. لانه ان وضع كواشف مناسبة يكشف عن وجودها وانها ابعد من البنفسجي. وهذه الشعاع هي المعتبرة في فن الديغروتيسب انها ترسم الصورة. وكيفية ذلك انه يعد لوح معدني بانه يدهن بمواد كيماوية ويوضع في قعر الخزانة المظلمة التي سيأتي بيانها ليستقبل صورة الشج الذي يراد تصويره هناك ثم يدخل جبل شعاع من الشج الى الخزانة ليقع على اللوح المذكور فالشعاع الكيماوية حينئذ تتحد بالمواد الكيماوية في اللوح



وتلوّنها وترسم صورة ثابتة للشج. ومن اراد معرفة تلك المواد  
الكيمائية ومعرفة فن الديغروتيب بالتدقيق فليراجع في الكيمياء  
٤٨٩- خطوط فرنهوفر. ما عدا الشعاع المذكورة قد لاحظوا  
من النظر الى الطيف بالمكسكوب خطوطاً فيه عمودية على طول  
الطيف منيرة بينها خطوط سود. وهي تتج من وجود بعض  
المواد في الجسم المنير الآتي عنه نور الطيف وتختلف باختلافها.  
وهذه الخطوط سميت خطوط فرنهوفر نسبة الى المعلم المذكور وهي  
تعتبر في فن الكيمياء ادق كاشف عن المواد في جسم ما. لانه اذا  
احرقنا جسماً وجعلنا حبلاً من نور لهيبه داخل في غرفة مظلمة يمر  
على منشور زجاجي ونظرنا بنظارة الى الطيف فكشف عن  
المواد الموجودة في الجسم بمشاهدة خطوط تختص الوانها ومواقعها  
وعدها بتلك المواد. ولما كانت هذه الخطوط كثيرة العدد ولا  
تحفظ في الذهن اذ يعرف منها الان نحو ٦٠٠٠ خط فقد عين  
المعلم فرنهوفر حروفاً رومانية لبعض الخطوط المشهورة منها  
(شكل ٢٧٧) التي يعرف بها وجود مواد في الجسم المنير تتج هي  
عنها

فاذا كان طيف الهيب حاملاً معة قليلاً من الصود يوم يرى فيه بالنظارة  
خط اصفر لامع يقابل الحرف D وان كان فيه بوتاسيوم يرى خط احمر يوافق  
A وخط اخر في اللون البنفسجي يقرب H وان كان فيه ليثيوم يرى خط اصفر

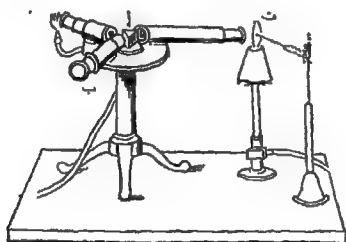
ضعيف بين B وC واحمر قان بين A وB وهكذا تكشف مواد اخر في اجسام

شكل ٢٧٧



منيرة بمشاهدة خطوطها المخصوصة بها وقد سمي هذا العمل بالحل الطيفي  
والآلة لاكتشاف هذه المواد تعرف بالسبكتروسكوب . وهي مركبة من

شكل ٢٧٨



صف من المنشورات موضوع في انبوبة يحاذاها النور ويقع على منشور خارج  
ومن نلسكوب ينظر بها الى الطيف الاخير (شكل ٢٧٨)

٤٩٠ لما كان النور الابيض ينحل الى الوان الطيف السبعة

فهو مركب منها . فاذا ركبنا تلك الالوان معاً فلا بد انه ينتج من  
المزيج نور ابيض . وقد بين ذلك العلامة نيوتون ببعض امتحانات .  
منها انه مزج معاً سبعة مسحوقات ملونة بالوان الطيف المنشوري

فوجد ان المزيج لوناً اشهب اي ابيض يضرب الى السواد قليلاً .  
ومنها انه دهن لوحاً مستديراً بهذه الالوان ووجد انه اذا ادارهُ  
سريعاً حتى لا تعود تميز الالوان يظهر لون اللوح ابيض والنجاس  
في ذلك اذا اراد احد ان يجرب هذه التجربة يقتضي ان تلاحظ  
نسبة فسحات الالوان بعضها الى بعض . ثم انه يمكن ذلك بطريقة  
اخرى وهي ان تجمع الوان الطيف المنشوري بواسطة مرآة مقعرة  
او عدسية محدبة تستقبل الوان الطيف الى بورة فيظهر المجموع  
لوناً ابيض . وكذلك يتبين الامر بانه بعد ان يحل النور بمنشور  
يؤخذ منشور ثانٍ من نفس مادة الاول وزاوية الانكسار له كزاوية  
ويوضع بالقرب منه بحيث تكون قاعدته حذاء زاوية الانكسار  
له فبمرور الطيف حيث في الثاني يبطل فعل الاول لان اللون  
الذي افترق عن غيره بزيادة انكساره في الاول ينضم راجعاً اليه  
بزيادة انكساره في الثاني الى خلاف جهة الانكسار الاول فيمتزج  
المجموع والنور النافذ يرى ابيض وموازيّاً للداخل . ووجود  
الوان الطيف السبعة معاً ضروري لحصول النور الابيض  
من مركبها . ويتبين ذلك من انه اذا جعلنا خيطاً او شريطة  
نحول دون اللون الاحمر من الطيف بين المنشور والعدسية ثم  
جمعنا الباقي ينتج لون ازرق ناصع واذا حجزنا دون البنفسجي ينتج من

مركب الباقي لون احمر قاني وينتج اللون اخر اذا حجزنا دون البقية كذلك

وهذه الالوان اصلية بسيطة ويبرهن ذلك من هذه التجربة وهي خذ منشوراً ثانياً كالاول واحجز دون ستة من اللون الطيف الحاصل من الاول بمجازير كلوح معدن واجعل السابع ان يمر في ثقب للمجازير ثم عرّض له المنشور الثاني لكي ينفذ فيه فتري ذلك اللون يبقى بعد نفوذه في المنشور الثاني كما كان اولاً. والحاصل من كل ذلك ان نور الشمس او نور اي جسم اخر منير مركب من سبعة الوان اصلية بسيطة تظهر بمنشور شفاف لكون شعاع كل لون من السبعة يختلف مقدار انكسارها فيه عن انكسار شعاع الالوان الأخر

٤٩٦ الالوان الممتدة. قد قلنا ان وجود اللون الطيف السبعة

معا ضروري لحصول اللون الابيض من مزيجها. فاذا مزج بعضها فقط معا يكون لون المزيج غير ابيض ومن اختلاف التركيب ينتج اللون لا يحصى عديدها. واذا مزج لونين من المذكورة وكان احدهما مركباً من بعض الوان الطيف السبعة والاخر من البقية يكون لون مزيجها ابيض وبسمى احدهما منم والاخر وكلاهما لونين متممين. مثاله اذا مزج الاخضر والازرق والاصفر معا يحصل

من المزيج اخضر يشابه اخضر الطيف ثم اذا تركبت بقية ألوان الطيف وهي الاحمر والبرتقالي والنيلى والبنفسجى يكون مركبها ارجواني اى احمر يضرب الى الزرقه. فان اتحد هذان اللونان المركبان وهما الاخضر والارجواني يحصل من اتحادهما لون ابيض لان في المزيج كل عناصر اللون الابيض فيتم احدهما باتحاده بالآخر اللون الابيض ولذلك يسمى هذان اللونان او ما جرى مجراها ممتين. فلكل لون سواء كان بسيطاً او مركباً لونٌ متم اذا اتحد به ينتج لون ابيض

٤٩٨ ألوان الاجسام المرئية. اذا وضع شبح ابيض في الطيف الشمسي يظهر بلون ذلك الجزء من الطيف الذي قد وضع فيه . لانه اذا كان قد استنار بشعاع لون واحد فقط يعكس شعاع ذلك اللون فقط وبالضرورة يظهر بلون الشعاع المنعكسة عنه . ومن ذلك يستدل على ان الاجسام الارضية غلب وقوع النور عليها يمتص كل منها من شعاع بعض ألوان الطيف ويعكس البعض الآخر فيظهر كل جسم بلون الشعاع المنعكسة بسيطاً او مركباً. وعلى كل حال اختلاف ألوان الاجسام يترتب على اختلاف الشعاع المنعكسة عنها ولون كل جسم هو متم اللون الذي قد امتصه ذلك الجسم . وبناءً على ذلك يحكم ان اوراق الشجر تعكس الشعاع الخضراء

والخزام الزرقاء والياقوت الحمراء وهم جراً وان الاجسام البيضاء  
تعكس كل شعاع الوان الطيف فتظهر بلون ابيض والسوداء  
تمتص جميعها الا قليلاً جداً فتظهر مظلمة

٤٩٣ قوة تفريق الطيف . تفريق الطيف هو المسافة من  
الدرجات بين طرفي طيف الشعاع المنكسرة . وقوة التفريق يدل  
عليها بالخارج من قسمة التفريق على زاوية الانحراف . مثالة اذا  
كانت مادة تكسر جبلاً من النور  $1^{\circ}5'$  عن جهته وتفرق البنفسجي  
عن الاحمر  $\frac{1}{4}$  فقوة التفريق لتلك المادة  $\frac{1}{11} = 0.0909$  والقائمة  
الاتية تبين قوات التفريق لبعض مواد مستعملة كثيراً في  
البصريات

قوة التفريق	قوة التفريق	
٠.٠٢٣	زجاج المرايا	٠.٢١٣٩ زيت الفرفة
٠.٠٢١	الحامض الكبريتيك	٠.٢١٣٠ كبريتات الكربون
٠.٠٢٩	الكحول	٠.٢٠٧٩ زيت اللوز المر
٠.٠٢٦	البلور الصخري	٠.٢٠٥٢ الزجاج البلوري او الصواني
٠.٠٢٦	الياقوت الازرق	٠.٢٠٤٢ الحامض الميورايتيك
٠.٠٢٣	بلور الفلور	٠.٢٠٢٨ الالماس
		٠.٢٠٢٦ الزجاج الصافي

واكتشاف اختلاف درجات قوة التفريق في مواد مختلفة قد ازال صعوبة  
جسيمة في عمل الآلات البصرية لان منه عرف طريقة ازالة الخطا اللوني الذي

بليك الصورة كما سترى وكان المكتشف لذلك المعلم دُولند

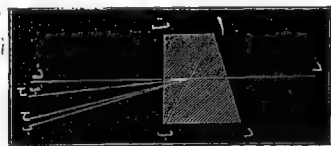
٤٩٤ الخطا اللوني. هو زيفان اللون عن نقطة البورة عند انكساره في عدسية محدبة. والفرق بينه وبين الخطا الكروي ان هذا انحلال الشعاع عند البورة الى الوان مفترقة بالانكسار وذاك زيفان الشعاع عن البورة لاختلاف الانكسار. فقد يحدث هذا مع وجود ذاك وقد يحدث بدونه كما اذا كانت العدسية المحدبة هالالية تحديدها اهلبيجي وتغيرها كروي (رقم ٤٨٠) لان في العدسية خاصة حل النور الى الوان كالمشور فتفرق الالوان مع كون الشعاع مجمعة في نقطة البورة تماماً. فاذا تغطى سطح عدسية الأ حلقة ضيقة قرب الطرف وأرسل حبل من نور في الحلقة يظهر الخطا اللوني واضحا. لان اللون الاعظم انكساراً وهو البنفسجي يقع عند بورته اقرب الى العدسية ثم الالوان الأخر بالترتيب اذ يكون الاحمر الابعد عنها. ولما كان جلاء صورة يتوقف على اجتماع قلم واحد في نقطة واحدة بدون انحلاله الى الوان فتفريق شعاع الالوان يجعل التباساً وعدم جلاء في الصورة. وهاك طريقة اصلاح هذا الخطا

٤٩٥ اصلاح الخطا اللوني. لا يخفى انه في الآلات البصرية يقتضي انكسار النور بالعدسيات لاجل تكبير الاشباح او تقريبها

كما سيأتي مع بقاء الألوان ممتزجةً لأجل وضوح الصورة. ولأجل الحصول على ذلك رأوا أنه بعد أن يكون حبل النور قد انكسر فتفرقت ألوانه يجب أن تستعمل مادة ذات قوة عظي للتفريق وقليلة التكسير حتى تضم الألوان أيضاً بتكسير حبل النور راجعاً إلى جهته الأصلية جزءاً فقط من زاوية الانحراف الأولى. فيختلج مجتمع الألوان ويبقى الانكسار بقدر الفرق

مثال ذلك لنفرض منشورين أحدهما من زجاج صافي والآخر من زجاج بلوري أو صواني وكل منهما محكوك حتى نصير زاوية التكسير له تفريق الشعبة البنفسجية عن الحمراء في فناء على ذلك لا بد أن الزجاج الصافي يكسر حبل الشعاع ١٥١ لأن قوة التفريق له  $٠.٠٣٦$  و  $٠.٠٣٦ - ٠.٠١٦ = ٠.٠٢٠$  وأما الزجاج البلوري فيكسره ١٧٨ فيفصل  $٠.٠٥٣ - ٠.٠١٦ = ٠.٠٣٧$  قوة التفريق له. وضع هذين المنشورين معاً حداً لقاعدة. فإن اب د الزجاج الصافي يكسر حبل الشعاع ذ إلى اسفل ١٥١ والبنفسجي ب ع أكثر من الأحمر ح. وابت

شكل ٢٧٨



الصواني يكسر هذا الحبل المخلول إلى أعلى ١٧٨ والبنفسجي ع أكثر من الأحمر وبذلك يعودان ينضمان عند ب ح وينضم ما بينهما كذلك فيرجع الطيف أيضاً وحبل الشعاع يكون قد انكسر ١٥١ - ١٧٨ = ٢٢ وهذا الانكسار يكون قد حصل بدون حصول اللون الطيف وهذا هو المطلوب في

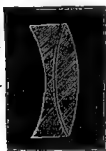


الالات. وعلى هذا الأسلوب يُصلح الخطأ للعدسيات كما سنرى

٤٩٦ اصلاح الخطأ اللوني للعدسيات . اذا كان اصلاح الخطأ اللوني ممكناً بمنشورين يكون كذلك بعدسيتين . لانه اذا اتحدت عدسية محدبة من زجاج بلوري بعدسية مقعرة من زجاج صاف فالاولى تجمع شعاع قلم والثانية تفرقها . فاذا جعلت المقعرة مناسبة لتفريق الشعاع حتى تجمع الالوان فقط وكانت المحدبة تكسر الشعاع زيادة عن المقعرة بزيادة انحنائها يصلح الخطأ ويبقى النور منكسراً بمقدار الفرق بين التكسيرين

وعدسية كهذه (شكل ٢٧٩) مولفة من عدسيتين مختلفتي المادة والانحناء مصنوعة لكي تجعل الصورة خالية من الخطأ اللوني يقال لها عدسية عدم اللون . وهنا نرى حكمة الباربي ايضاً في وضعه الرطوبة البلورية المحدبة ضمن تعبير في الزجاجية (رقم ٤٨١) لانه يحسب ظني جعلها على كيفية عدسية عدم اللون لاجل اصلاح الخطأ اللوني في العين

شكل ٢٧٩



تنبيه . قد ذكرنا سابقاً انه اذا اتحد البنفسجي والاحمر تحد ايضاً سائر الالوان المتوسطة بينها . ولكنه قد وجد ان ذلك ليس بصحيح تماماً بل انما مواد مختلفة تفرق لونين مفروضين من الطيف بمسافات تختلف نسبها الى كل طول الطيف . وذلك يسمى عدم مناسبة التفريق . وبسبب هذا الامر قد يوجد التباك الوان في الصورة بعد اتحاد اللونين المتطرفين . فقد عرف بالاستعمال ان الافقى جعل الانحناءات مناسبة لجميع هذه الاشعة

## الفصل الخامس

## في قوس السحاب والهالة

٤٩٧ ان قوس السحاب او قوس قُزَح وهي القوس الملوّنة التي نراها في الجوّ عندما يكون المطر ساقطاً وشعاع الشمس واقعة عليه ناتجة عن انحلال النور بتكسيده في نقط المطر اذ يقع عليها من الجانب المقابل من السماء وينفذ منها كانهلاله بمنشور شفاف. ودليل ذلك انه اذا ملأت فك ماءً ومجّنته في نور داخل الى غرفة ترى انحلال ذلك النور الى الوان الطيف كقوس قُزَح . ولهذا السبب نفسه ترى الالوان الجميلة بالنظر الى نقط الندى على النبات او غيره في الصباح اول شروق الشمس قبل ان ينشف عنها الندى وعليه قول الشاعر

صاحِ هذا بلبل الاغصانِ صاحِ \* وتلالا الدرّ في ثغر الاقاج  
فاغتم فرصة انسي في الصباح \* ان وقت الانسي في الدنيا ثمين  
وقوس السحاب اذا كانت كاملة ترى مؤلفة من قوسين  
مستديرين ملوّنين تسميان عند اعتبار تمييز احدهما عن الاخرى

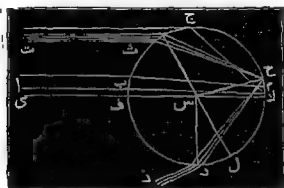
القوس الداخلة والقوس الخارجة او القوس الاصلية والقوس الفرعية . وكل منها مولفة من جميع الوان الطيف على ترتيب يعاكس الآخر . فالاحمر في الاصلية خارجها واما الخارج في الفرعية فالبنفسجي . والقوس الاصلية اضيق والمع من الفرعية . ومركز القوسين هو عند نقطة من الجلد تقابل الشمس والخط المرسوم من الشمس الى عين الناظر يمر بالمركز وهذا الخط يقال انه محور القوسين . والنور الذي يصنع القوس الاصلية ينعكس مرة واحدة داخل النقطة والذي يصنع الفرعية ينعكس مرتين داخل النقطة كما سياتي

٤٩٨ جهة الشعاع في القوس الاصلية . ان شعاع الشمس النافذة من نقط المطر بعد انعكاسها مرة فيها المحولة الى الوان الطيف ومسببة ظهور قوس السحاب الاصلية تجعل مع الشعاع الواقعة زاوية  $2^{\circ} 42'$  للون الاحمر و  $17^{\circ} 40'$  للون البنفسجي

ولبيان ذلك لتكن دائرة ف ج ك د (شكل ٢٨٠) قطع نقطة مطر وف ك قطر ذلك القطع و ا ب ت ث الخ شعاعاً متوازية من نور الشمس واقعة على النقطة . فان ي ف الشعاع المطابقة للقطر لا يعتريها انكسار . و ا ب الشعاع القريبة الى شعاع ي ف تنكسر قليلاً الى نحو نصف القطر حتى تلاقي الوجه البعد من النقطة على بعد من القطر نحو نصف البعد الذي دخلت منه . واما الشعاع البعيدة عن ي ف التي تجعل مع نصف القطر زوايا عظمى فيزداد معدل

انكسارها بزيادة انتقالها عن القطر  
فيوجد بالحساب ان الشعاع التي تدخل كل نقطة مطرا بعد عن القطر

شكل ٢٨٠

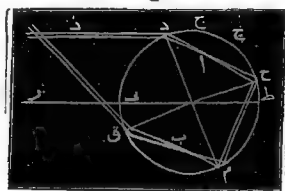


المتوازي للشعاع من  $60^\circ$  بعد ان يفقد قليلاً منها بانعكاسها عن السطح حيث وقعت  
تنكسر أكثر من التي تدخل اقرب من  $60^\circ$  الى القطر فتكون الاولى اقرب اليه في  
السطح المقابل من الثانية وان الشعاع عند  $60^\circ$  ابعد كل الشعاع عنه تنكسر الى  
قرب ك. وذلك لانه اذا فرض ان شعاع دخلت على بعد  $50^\circ$  مثلاً عند ث  
تكون زاوية الوقوع  $50^\circ$  لان ث ت يوازي ف. ولان دليل الانكسار للماء  
١٤٣٣٦ تعرف زاوية الانكسار بهذه النسبة  $1:1.4336$  ج  $50^\circ$  ج الانكسار  
 $35^\circ$  ل ث ح واذا دخلت اخرى على بعد  $70^\circ$  تكون نسبة  $1:1.4336$  ج  
ج  $70^\circ$  ج الانكسار  $49^\circ$  واذا فرضنا ث س ف  $50^\circ$  يكون القوس  
ك ل  $50^\circ$  وانما القوس ل ك ح  $35^\circ$   $50^\circ \times 0.7 = 35^\circ$  فالقوس ك ح  $70^\circ - 35^\circ = 35^\circ$   
 $50^\circ$  وعلى هذا الاسلوب اذا فرضنا بعد الشعاع المتوازية عن القطر ف ك  
 $70^\circ$  نتوصل بالحساب ان الشعاع الواقعة على السطح ك م ح تبعد عن القطر  
 $19^\circ 24'$  وهي اقل من  $20^\circ$  فتقع الشعاع الابعد من  $60^\circ$  في سطح الوقوع اقرب  
الى القطر في السطح المقابل وهكذا يبين ان الشعاع المماس عند ج يقع قرب ك.  
فاذا اذا كانت الشعاع ت ث على بعد  $60^\circ$  من ف فكل الشعاع الواقعة على  
الربع ف ج تلاقي المحيط بين ج وك في القوس ج ك. ولكن الشعاع القريبة  
من حد  $60^\circ$  تجتمع في السطح المقابل قرب بعضها والفرق بينها لا يشعر به.

فعدد واقر من الشعاع على جانبي ت ث تلتقي قريبة جداً من النقطة ك حيث تقع شععة  $60^\circ$  وبالضرورة تنعكس من هذه النقطة كمية من الشعاع اعظم من التي تنعكس من اي نقطة اخرى من القوس ك ج. والامر واضح انه اذا رجعت هذه الشعاع في نفس الخطوط تخرج متوازية قرب ت ث ولكن اذا انعكست الى الجانب الاخر من نصف القطر س ح فعوض ان ترجع في الربع ف ج تجعل زوايا متساوية مع نصف القطر وبالنتيجة بعضها مع بعض كالشعاع الواقعة والمنعكسة وبالنتيجة تلاقي الخط المنحني على الجانب الآخر من المحوري ك اذ تكون الزاوية ث ح س = س ح د وتخرج متوازية في خط د ذ. فيظهر ان في قطع نقطة المطر على الجانب الخلفي نقطة مخصوصة حيث تجمع شعاع نور الشمس ثم تنفرج منها وتنفذ من نقطة المطر ومخروجها وانحلالها الى الوان الطيف كل لون يبرز حجاباً من شعاع متوازية. وقد وجد بالحساب ان الزاوية التي تجعلها شعاع الوقوع مع الشعاع النافذة اي الزاوية المتضمنة بين خطي ت ث و ذ د اذا اخرجنا في للشعاع الحمراء  $42^\circ$  وهذه صورة الحساب اذ يجعل دليل الانكسار للماء  $\frac{4}{3}$  لان فس ث - الزاوية الخارجة اذا اخرج س ث التي هي زاوية الوقوع -  $60^\circ$  يوجد بالحساب ان س ث ح =  $40^\circ \frac{1}{2}$ . فاذا ث ح س اوس ح د اوح د س =  $40^\circ \frac{1}{2}$ . فتكون ح س ث اوح س د =  $59^\circ 48'$ . وانما ث س ك =  $120^\circ$  اذا ح س ك =  $21^\circ 1'$ . فتكون ك س د =  $58^\circ 57'$ . ولكن لما كانت زاوية ح د س =  $40^\circ \frac{1}{2}$  فزاوية الانكسار الخارجة التي تجعلها د ذ مع س د اذا اخرج =  $60^\circ$  فزاوية س د ذ =  $120^\circ$  واذا رُسم من د خطاً يوازي ت ث اوى ك يجعل مع س د زاوية = المتبادلة ك س د =  $58^\circ 57'$  فالشعة د ذ تجعل مع ذلك الخط المتوازي لخط ت ث زاوية =  $120^\circ$  -  $58^\circ 57' = 42^\circ 2'$  وهي الزاوية بين الشعاع الحمراء السفلى وشعاع الشمس. ومن حيث ان تفريق الطيف هنا يكون  $1^\circ 45'$  فتكون الزاوية بين الشعاع

البنفسجية وشعاع الشمس  $40^{\circ} 17'$ . فيظهر من ذلك ان الزاوية العظمى التي  
تجعلها الشعاع المنعكسة مرة واحدة فقط في نقط المطر مع شعاع الشمس لا  
تتجاوز  $42^{\circ}$  اذ تكون كل الشعاع على الربع ف ج سواء كانت اقرب او  
ابعد عن القطر من ث ت عند  $60^{\circ}$

٤٩٩ جهة الشعاع في القوس الفرعية . انه يكون ايضاً عند  
 حدٍ معلوم تجميع للنور الذي يخرج بعد ان ينعكس انعكاستين  
 اذا حسبنا كما حسبنا سابقاً جهة الشعاع الواقعة على الربع ف ج نجد ان  
 شكل ٢٨١



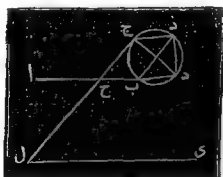
تلك الشعاع ذد (شكل ٢٨١) التي تدخل عند  $٧١^\circ$  أو  $٧٢^\circ$  من المحور ف ط  
بعد ان تتقاطع في نقطة المطر عند ا تنعكس عند ح جارية في خطوط متوازية  
وبالضرورة بعد انعكاس ثان عند م ونفوذها عند ق ينقلب ترتيب سيرها  
فتتقاطع ثانية عند ب وتخرج متوازية عند ق . فترى ان خيلاً كهذا يصعد  
بعد نفوذه ويقطع المحور ويحناز خط مره الاصلي ويعلو عن نقطة المطر اذ تتقاطع  
الشعاع البنفسجية والشعاع ذد بزوايه  $٥٤^\circ ٩'$  والحمراء بزوايه  $٥٩^\circ ٥٠'$  وبقية  
الالوان بينها على الترتيب ومن امعن النظر بطريقة حساب الجهة لشعاع  
الغوس الاصليه لا تخفى عليه طريقة حساب هذه . ولكي تنزل الشعاع النافذة هنا  
الى الناظر يقتضي ان تدخل الشعاع الواقعة تحت المحور وتخرج فوقه . وهذه  
الظواهر قد امتحنت بتعليق كرة من زجاج فارغة رقيقة مملوءة ماء امام شعاع

الشمس ومن الجئت عنها عند الامتحان توصلوا الى التعليل الصحيح عن قوس  
السحاب

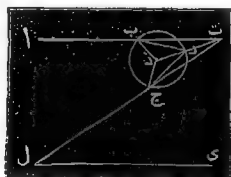
٥٠٠ محور القوسين. هو خط يؤم من عين الناظر الى  
المركز المشترك لدائرتي القوسين وميل شعاع القوسين على هذا  
المحور مثل ميلها على الشعاع الواقعة من الشمس

لتدل ا ب د ج (شكل ٢٨٢) على مرقم النور الاحمر في القوس الاصلية.  
فان اخرج ا ب و ل ج حتى يلتقيا في ت فالزاوية ت اعني  $\angle \alpha$  هي ميل

شكل ٢٨٢



شكل ٢٨٣

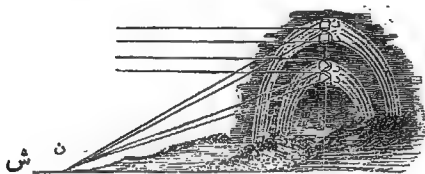


الشعاع الواقعة على الشعاع النافذة الحمراء. لنفرض ان الناظر عند ل وليرسم  
خط من الشمس ماراً بموقعه الى ي فذلك الخط يحسب متوازيًا للشعة ا ب  
ولذلك الزاويتان ل وت متساويتان. ولما كانت ي تقابل الشمس فاللون  
الاحمر يرى على بعد  $\alpha$  في الجلد من النقطة ي وهكذا بعد كل لون  
من ي يساوي الزاوية التي تجعلها شعة ذلك اللون مع الشعاع الواقعة. وعلى هذا  
الاسلوب ان رسمت ل ي في القوس الفرعية من الشمس الى عين الناظر  
(شكل ٢٨٢) فهي توازي ا ب ومقدار بعد الشعاع الملونة عن ي من الدرجات  
يساوي الزاوية عند ح ميل شعة الوقوع على شعة النفوذ. فيقال للخط ل ي  
محور القوسين لما سياتي بيانه في الرقم التابع.

٥٠١ الهيئة المستديرة للقوسين. لتكن ش ن س (شكل ٢٨٤) خطاً مستقيماً

ماراً من الشمس في عين الناظر عند ن الى النقطة المقابلة في الجلد. ولتكن  
ذن ودن الشعاعين المتطرفين اللتين بعد انعكاسهما واحدة تاتي بالالوان الى

شكل ٢٨٤



العين عند ن وذن وذن اللتين تظهران الالوان بعد انعكاسيتين ثم حسب  
ما مر (رقم ٤٩٨ ورقم ٤٩٩) ذن س - ١٧ ٤٠° وذن س - ٢٢ ٤٢° وذن س -  
٥٠ ٥٠° وذن س - ٥٤ ٥٤°. ولما كانت هاتان الزاويتان لا تتغيران باختلاف  
جهات الشعاع الآتية الى العين اذ تجريان على ناموس الانكسار فالشعاع  
النافذة اذا جميعها ترسم سطحي مخروطين راسها في العين عند ن ودائرتا  
الالوان كما تظهران في السحاب محيطا قاعدتيها وش ن س محورهما المشترك يمر  
بعين الناظر. فشعاع قوسين تظهر في مكان واحد ليست هي نفس الشعاع في  
مكان اخر ولو قريباً منه ونقط المطر النافذة منها الشعاع ليست هي للقوسين  
في اكثر من مكان واحد لان المحور يختلف باختلاف المكان فيختلف المخروطان  
فكل ناظر يرى قوسين خلاف ما يراها غيره في غير مكانه

ثم انه في موقع مفروض للناظر امتداد القوسين يتوقف على ارتفاع الشمس.  
فان كانت على الافق فالقوسان نصفان دائرة وان كانت اعلى فاقبل لان مركزهما  
يختصان تحت الافق بمقدار ارتفاع الشمس فوقه. على انه ان كان المطر قريباً  
حينئذ فقد ترى الاجزاء السفلى من القوسين ممدة كاقواس اهلبيجي او شلجي او  
هذلولي لان سطح الارض يقطع المخروطين بالورب. وقد شوهدت القوسان  
من راس جبل دائرتين تامتين



٥٠٢ انقلاب ترتيب الالوان في احدى القوسين بالنظر الى الاخرى. اما سبب ذلك فيظهر من اعتبار هذا الامر وهو انه في القوس الاصلية الشعاع التي تنزل الى عين الناظر تنفذ من الربع الاسفل والداخل من نقطة المطر وتميل بالانكسار الى فوق عن نصف القطر المخرج ماراً بنقطة النفوذ او الى خارج القوس اذ تنفذ في الفرعية من الربع الاعلى او الخارج وتميل عن نصف القطر الى اسفل. فان الشععة د ن (شكل ٢٨٤) من الاصلية المفروض كونها بنفسجية هي الاعظم انكساراً ولذلك سائر الشعاع من تلك النقطة تسقط الى تحتها وتقتصر عن الوصول الى العين. واما الالوان الاخر فتاتي من نقط فوقها فالبنفسجي اذا هو اللون الذي يرى اقرب الى المحور. واما الشععة د ن في الفرعية فهي البنفسجية والالوان الاخر اذ تكون اقل ميلاً عن نصف قطر النقطة المخرج ماراً بنقطة النفوذ تقع فوق د ن. ولذلك لكي تصل الوان اخر الى ن يقتضي ان تنفذ من نقط سفلى اي نقط اقرب الى المحور. فالبنفسجي هو اللون الخارج من القوس الفرعية. وبالاختصار العين ترى الوان القوس الاصلية ضمن زاوية  $٤٥^{\circ}$  <sup>١</sup> والبنفسجي اسفل لانه فيها اقل ميلاً من سائر الالوان على المحور وترى الوان الفرعية ضمن زاوية  $٦٠^{\circ}$  <sup>٢</sup> والبنفسجي اعلى لانه اعظم ميلاً على

## المحور

٥٠٢ اضاءة السحاب تحت القوس الاصلية وفوق الفرعية  
واسودادها بينهما

انه قد وجد بالحساب كما مر ان الشعاع الواقعة والنافذة  
اذ تنعكس انعكاسة واحدة لا تجعل احدها على الاخرى ميلاً  
اعظم من  $2^{\circ} 42'$  للنور الاحمر و  $17^{\circ} 40'$  للبنفسجي لان هذا الميل  
تجعله الشعاع الواقعة عند بعد  $60^{\circ}$  من محور نقطة المطر. واما ما  
وقعت فوق ذلك او تحته فتجعل ميلاً اقل من  $2^{\circ} 42'$  الى  $0^{\circ}$   
كما يستنتج مما مر. ولذلك كل النور المنعكس مرة واحدة ياتي الى  
العين من داخل القوس الاصلية واذا انعكست الاشعة انعكاستين  
فزاويتا  $59^{\circ} 50'$  و  $54^{\circ} 9'$  هما بالحساب اقل ميلين للنور الاحمر  
والبنفسجي. وقد يكون الميل اعظم من ذلك الى ان يصل الى  $180^{\circ}$ .  
فلذلك الشعاع المنعكسة مرتين تاتي الى العين من اي جزء كان  
من الجلد الأيمن القوس الفرعية ومركزها. فاذا ظهر انه لا  
نور منعكس مرة او مرتين من النقط داخل المنطقة الواقعة بين  
القوسين يمكن ان يصل الى العين. والمراقبة تؤكد ما نقرر لانه  
متي كان القوسان لامعتين فالمطر داخل الاصلية المغمى ما في مكان  
آخر وخارج القوس الفرعية توجد لامعية اعظم مما بين القوسين

حيث السحاب اظلم من سحاب مكانٍ اخر

٥٠٤ القوس المثلثة. هي قوس سحاب تصنع بانعكاس النور في نقط المطر ثلث مرات وموقعها الى جهة الشمس من الناظر بخلاف القوسين المار ذكرهما لانها تكونان الى خلاف جهة الشمس. وذلك لان الشعاع التي تنعكس ثلث مرات لا يخفى انها ترجع الى جهة مسيرها الاول. وارتفاعها عن الشمس نحو  $40^{\circ}$   $4^{\circ}$  والشعاع الواقعة التي تكونها تدخل نقط المطر على بعد نحو  $77^{\circ}$  من محورها وتنفذ من الجانب الخلفي. ولكن هذا النوع من قوس السحاب ضعيف جداً بداعي تكرار الانعكاسات وموقعه غير مناسب فلا يرى الا نادراً

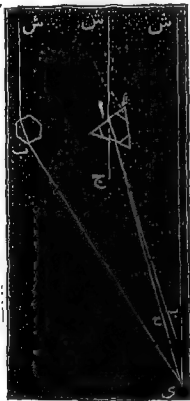
٥٠٥ الهالة الاعنيادية. هي كما ترى غالباً حلقة مستديرة

حول الشمس او القمر وحدها الداخل احمر وخارجها ابيض وما بينها مزجة الوان متقطعة وكثافتها من داخل الى خارج تتناقص بالتدرج الى ان تصير بانارة الجلد والفسحة الداخلة اظلم من الخارجة وبعد حدها الداخل عن الشمس المحسوبة مركزاً لها نحو  $22^{\circ}$  وحدها الخارج الذي لا يميز نحو  $43^{\circ}$ . وقد عرف انها مكونة من النور المنكسر ببلورات الجليد العائمة في الهواء. وتشكون متى اشرقت الشمس او القمر على جلد مبيض قليلاً بضباب لطيف.

وتفرق التي للقمر عن التي للشمس ان حدها الداخل يظهر لونه  
ضعيفاً او لالون له

٥٠٦ كيفية تكون الهالة . ان نور الشمس او القمر يكون  
الهالة بوقوعه على بلورات جليد في الجلد ذات اجناب ميل  
بعضها على بعض ٦٠° وبانحلاله بالانكسار الى الوان

شكل ٢٨٥



ولا يضا ج كيفية ذلك لنفرض العين  
عند ي (شكل ٢٨٥) والشمس في جهة  
ي ش . ولتكن ش ا ش ب الخ شعاع واقعة  
على بلورات اتفق انها استقرت بحيث تكسر  
النور الى ش ي كمحور . فكل بلورة تميل الشععة  
عن حد التكسير عند دخولها فيها ثم عند  
تركها اياها نجدها ايضا ويغل القلم النافذ . اما  
اللون الذي ياتي من كل من البلورات  
المذكورة الى العين فينتوقف على بعدها  
من الدرجات عن الخط ي ش وعلى موقع  
زاوية التكسير لها . فزاوية الميل للبلورة ا هي

ي ا ج - ش ي ا للبلورة ب هي ش ي ب وهلم جرا . وقد وجد بالحساب ان  
الميل الاقل للنور الاحمر ٤٥° ٢١' والميل الاقل للبرتقاني يقتضي ان يكون  
اعظم قليلاً لانه اعظم انكساراً قليلاً وهلم جرا للالوان على الترتيب . والميل  
الاعظم للشعاع غالباً هو نحو ٤٣° ١٢' . فكل النور المرسل من بلورات كهذه  
اذ لا بد ان ياتي الى الناظر من نقطتين هذين المحدين ٤٥° ٢١' و ٤٣° ١٢'  
من الشمس . وانما الجزء الاعظم منه كما تحقق الامر بالحساب يحتاج بالحد الاقرب

٥٠٧ استدارة الهالة. اما سبب استدارتها ان ما يحدث على جانب واحد من ي ش يحدث على كل جانب. او بعبارة اخرى لنفرض الشكل د ا ر حول ي ش كمحور فالنور المرسل يظهر حلقة حول الشمس ش. اما كون الحد الداخل من الحلقة احمر مثل ح (شكل ٢٨٥) فلكون هذا اللون يميل اقل. ثم على الحد الخارج من الاحمر البرتقاني ممزوجاً معه وبعد ذلك الاحمر والبرتقاني والاصفر ممزوجة. وهلم جرا حتى توجد كل الالوان عند الزاوية العظمى للبنفسجي ولكن ليس على نسب متساوية

## الفصل السادس

### في الالات البصرية

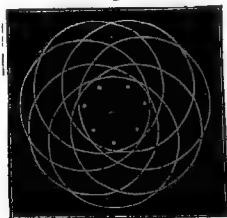
٥٠٨ انه من معرفة الخواص الطبيعية للزجاجات ذوات السطوح المستوية والمنشورات والعديسات في تكسير النور قد اخترع آلات بصرية شتى لاجل تكبير الاشباح وتقريب البعيد منها وانجلائها للنظر وغير ذلك. ولما كانت هذه الآلات مهمة ومعتبرة جداً عند الطبيعيين لعظم فوائدها اذ بها يراقب النجم

الأجرام السهوية ويرى الطبيعي عالماً من الحيوانات لا يظهر بالنظر  
المجرد ويبصر الطبيب ما لا يدركه بصره من الأعضاء الدقيقة  
والشرايين والأعصاب إلى غير ذلك يقتضي أن نلتفت إليها بامعان  
نظر. ولما كانت كثيرة العدد تقتصر على الأهم منها. وقبل أن  
نبتدى بذكرها يلزمنا أن نتكلم عن دخول النور من ثقب إلى  
أماكن مظلمة

٥٠٩ دخول النور من ثقب. أنه إذا دخل جبل نور من  
الشمس إلى غرفة مظلمة في ثقب صغير أو وقع على حائط أو طحينة  
ورق قبال الثقب بعيداً عنه يصنع صورة مستديرة مهما كانت هيئة  
الثقب

نفرض أن الثقب كبير قليلاً قطره نحو عقدة وهيئة مثلث أو شكل  
غير قياسي فصورته تكون مستديرة. لأنه إذا افترض أن الثقب الكبير نحول  
إلى ثقب صغير كثقبه الدبوس ويمكن أن يفعل ذلك بسهولة بوضع صفيحة  
معدنية فوق الثقب كصفيحة من رصاص مثقبة بدبوس فشعاع الشمس المارة  
في هذه الثقب تكون حينئذ بلا شك مستديرة. ولكن الثقب الكبير غير القياسي

شكل ٢٨٦



يمكن أن يحسب مؤلفاً من ثقب صغير  
كحده الصفيحة المعدنية التي يمكن أن توهم مثقبة  
بعدد غير محدود من ثقب الدبوس فتوهم  
الصورة على الحائط مؤلفة من مجموع صور  
الشمس هذه كلها مختلطة بعضها مع بعض  
ومحدودة بخطوط منحنية لا يحصى عددها

مؤلفة من دوائر مستقلة كما ترى (شكل ٢٨٦)

ولكن ان كان المحاط او طليحة الورق قريبا من الثقب فهذه الصورة تكون كهية الثقب . وذلك لان الشعاع غيب مرورها في الثقب يقتضي الحال ان تنفرج انفرجا عظيما قبل ان ترسم دوائر كبيرة يتالف من محاطها المخنطة شكل مستدير

ثم ان كان السطح الذي ترسم عليه الصورة غير مواز للثقب تكون الصورة حيث هليجية اذ كانت قطع مخروط موروب على محوره قد ترقي احيانا صور للشمس على الارض من الفرجات الصغيرة بين ورق الاشجار . ومدة كسوف الشمس ترسم هذه الصور هيئة الكسوف اذا وجد اثقاب مختلفة قريبة بعضها لبعض كما اذا كانت ثلثة مثلاً منها بدخل نور الشمس الى غرفة مظلمة تلاحظ اولاً على بعد معلوم ثلثة دوائر منيرة ممتازة . وعلى بعد اعظم هن الثلثة دوائر تاخذ تخنط واخيراً بتكبيرها بالكفاية لتحد فتكون دائرة مفردة

ثم اذا ادخل عوض جبل من نور الشمس الى غرفة مظلمة من ثقب شباك مثلاً نور منعكس عن اشباح مختلفة خارجاً ترسم على المحاط المقابل صور منقلبة لهذه الاشباح . لانه ما انفتح سابقاً يعرف انه من كل نقطة في الشبح تصدر شعاع لا تحصى من النور وتقع على الشباك . غير انه لا تدخل الثقب الصغيرة الا ما كانت منها قريبة بعضها الى بعض اذ كانت الشعاع الاخر تنفرج الى ابعد ما يقتضي دخولها فيها فلا تخرج اشعة من نقط مختلفة في الشبح في نقطة واحدة في الصورة . وانه لا مرسوم لاجل جلاء الصورة ان الشعاع الصادرة من كل نقطة في الشبح تجتمع في نقط مقابلة فيها وتكون هناك خالصة من مزيج الشعاع من النقط الاخرى ولاجل لمعان الصورة يجب ان ينبعث قدر ما يمكن من الشعاع من كل نقطة في الشبح الى النقطة المقابلة لها في

الصورة . فجلاء الصورة اذا يقتضي ان تكون الثقب في مصراع الشباك صغيرة  
والآنق اعلام النور من نقط مختلفة بعضها على بعض فتتلك الصورة واما  
لمعانها فيقتضي تكبير الثقب لدخول شعاع كثيرة ويمكن ان يتمن ذلك  
بتصغير الثقب وتكبيره . فيجب ان يجعل الثقب مناسباً لكلها

٥١٠ الخزانة المظلمة . هي على مبدأ الغرفة المظلمة المذكورة وهي آلة

شكل ٢٨٧



مؤلفة من صندوق فارغ مظلم مثل د ذ ج ي  
( شكل ٢٨٧ ) لا يدخل اليه النور الا من  
ثقب واحدة مدخل فيها العدسية وذلك باب  
على جانبيه مغطى بحجاب من قماش اسودح  
ومركر عليه مرآة ذات سطح مستو اب . ولانه  
لاجل جلاء الصورة يقتضي الامر تصغير الثقب  
فتقلل الشعاع الداخلة الى الخزانة المذكورة  
ويضعف لمعانها حيثئذ توضع العدسية س د

في الثقبه فيجتمع الاشعة كأنها آتية من ثقب صغير مع كونها كثيرة وتبهر الصورة  
المصور . والمرآة اب موضوعة مائلة على سطح الافق  $40^\circ$  لكي تعكس الاشعة  
الآتية من الاشباح البعيدة وترميها على العدسية التي تجتمعها وترميها على ورقة  
في قعر الخزانة على بعد مناسب فيرسم المصور بقلمه الصورة التي ترسمها هذه  
الشعاع . وهذه الصورة لا بد ان تكون مقلوبة بالنظر الى الصورة في المرآة .  
فاذا وقف شخص قبال المرآة اب يرى صورة أفقية كما تقدم وهذه تنقلب على  
قعر الخزانة بدخول الشعاع اليها وتكسيدها بواسطة العدسية . فاذا راجعت  
وتاملت في ماقلناه بشأن العين ترى ان العين اشبه شي بخزانة مظلمة اذ كانت  
ذات ثقب يدخل منها النور ويتكسر ويجمع بعدسيات رطوباتها ويرسم الاشباح  
الخارجة مقلوبة على قعرها الذي هو شبكيتها كالخزانة المظلمة . وهنا نرى لماذا



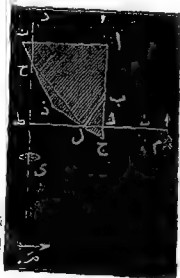
حكمة الباري قد افترضت ايجاد عدسات في العين لانه اذا كبر ثقب المحدثه لدخول نور كافٍ لتبليك الصورة بدون العدسات ولكن بواسطتها يجمع النور الوافر الآتي من ثقب كبير كانه آت من ثقب صغير فتبلي الصورة فلا تبليك

وقد تبلي الورقة المرسوم عليها الصورة في قعر الخزانة بترجج كماوي يتلون بانحداده بالنور فيصنع النور الصورة رأساً بدون قلم المصور . وذلك العمل يقال له الديغروتوب . وبما ان فن الديغروتوب من متعلقات الكيمياء نعرض عن الكلام بشأنه فانظر اليه في آخر فصل النور من كتاب الكيمياء تاليف العلامة فنديك الاميركاني

## ٥١١ الخزانة النيرة

هي آلة يستعملها المصورون لرسم صورة ارض وما حوتها كصورة مدينة او بيت وغير ذلك اخترعها العلامة ولسن . وهي مصنوعة من موشور زجاجي ذي اربعة سطوح تاج ذلة زاوية عند  $1-90^\circ$  وزاوية عند ج  $67\frac{1}{2}^\circ$  وزاوية عند ذ  $125^\circ$  . فلاجل رسم صورة الشج يوضع جانب الموشور ا ج موازياً للشج م فشعة النور الافقية ن ل لا تنكسر لكونها واقعة عمودية على ا ج ولكنها تسير مستقيمة في مسيرها الى ان تقع على السطح ج ذ

شكل ٢٨٨



حيث تجعل معه عند ل زاوية  $22\frac{1}{2}^\circ$  متم زاوية ج . فاذا رسمنا عموداً ب على سطح ج ذ تكون زاوية ب ل ك  $67\frac{1}{2}^\circ$  وهي اعظم من  $49'41''$  زاوية الانكسار الكلي للزجاج فلا تخرج الشعبة كل كما مر ( رقم ٤٦١ ) بل تنعكس الى ح في السطح ت ذ جاعلة زاوية الوقوع ك ل ج - زاوية الانعكاس ج ل ذ فكل منها  $22\frac{1}{2}^\circ$  وبما ان

مجموع هاتين الزاويتين  $٤٥^\circ$  فالباقية نل ح -  $١٢٥^\circ$ . ثم لما كانت ذ مفروضة  $١٢٥^\circ$  و ذ ل ح -  $٢٢\frac{1}{2}^\circ$  تكون الباقية ذ ح ل =  $٢٢\frac{1}{2}^\circ$  فلا تنفذ الشعبة ل ح بل تنعكس الى د. ولان ت ح د -  $٢٢\frac{1}{2}^\circ$  ايضاً لكونها زاوية الانعكاس ونساوي ذ ح ل زاوية الوقوع فزاوية ل ح د -  $١٢٥^\circ$ . اخرج د ح الى م ر واخرج ن ل حتى يلاقية في ط فتكون كل من زاويتي ط ل ح و ط ح ل متم  $١٢٥^\circ - ٤٥^\circ$  وبالنسبة تكون ح ط ل  $٩٠^\circ$  فيظهر اذا الشئ العمودي م العين عند د على سطح افقي عند م على بعد خلف السطح العاكس ت ذ يساوي ح ل + ل م امامه كالا يخفي ما مر. ولذلك يضعون عدسية محدبة عند د مثلاً لكي تجمع الشعاع وتقرّب الصورة م. فاذا عمل تدبير المنشور حتى تكون الشعبة النافذة قريبة جداً من نقطة الزاوية ت فالعين المستقرة عند د تميز الصورة والورقة المرسومة عليها اذ ترى الاولى بالمنشور والثانية بالبصر راساً. وغالباً توضع امام الوجه اج زجاجات ملونة لاجل تلوين نور الشئ المقصود رسمه. وهذه الالة المجيئة توضع في علبة ولها ادوات مختلفة لكامل فائدها غير اننا قصدنا هنا ان نبين المواد الجوهرية لمعرفة مبادئها

### ٥١٢ المكروكوب او نظارة التكبير البسيطة

هي آلة لتكبير الاشباح الدقيقة جداً لكي يميزها البصر. فاذا اردنا ان نحصر بمجرد العين شيئاً دقيقاً على بعد حد البصر منها فالصورة المرسومة على الشبكية صغيرة جداً فلا يشعر بها واضحاً. وان قربنا الشئ الى العين حتى نصير اقرب من حد البصر تنفرج الشعاع كثيراً فلا تجمع بوراتها على الشبكية ولا يكون البصر جلياً كما مر في العين ولكن ان توسطت عدسية محدبة ذات انحناء مناسب مع كونه اقرب من حد البصر تستطيع العين ان تدرك ذلك الشئ الدقيق لوقوع بورات شعاعه حيثئذ على الشبكية. ولما كان حد البصر ٨ عند كما مر فالعدسية التي تربنا اياه على بعد اقل من ٨ عقد توسع

اقطاره وحدوده عما يرى عند حد البصر بنسبة ٨ الى ذلك البعد اي ان  
وسعة يتغير بالقلب كبعده او مساحة سطحه تتغير بالقلب كمرجع بعده . فاذا  
كان بعد الشئ عن العدسة عقدة مثلاً يكون قد اتسع قطره ٨ مرات او ١/ عقدة  
فثمانون مرة . وقد اصطنع عدسيات من حجارة كريمة بعد بوزنها التي يرى  
منها الشئ ١٠٪ من عقدة فقط . فقد يستعمل عدسية محدبة ضمن حلقة من  
معدن او من قرن حيوان ذات مسكة او عدسيتان معاً او ثلثة كذلك لاجل  
تعظيم الاشباح الصغيرة . وتلك ما يقال لها المكرو سكوب البسيطة

### ٥١٣ زجاجة المرئيات

هذه الآلة نوع من المكرو سكوب البسيطة . وهي مؤلفة (شكل ٢٨٩)

شكل ٢٨٩



من عدسية كبيرة محدبة ومرآة مستوية .  
فالعدسية ١ موضوعة في عمود او في  
جانب صندوق قائمة على الافق وخلفها  
المرآة المستوية ب ب مائلة عليه ٤٥° لكي  
يرى بها الشئ النائم واقفاً . والشئ المرئي  
ي موضوع افقياً تحت المرآة . فاذا كان  
مجمع البعد منه الى المرآة ومن ثم الى العدسية  
اقل من بعد البورة الرئيسة للعدسية تظهر  
الصورة خلف المرآة منتصبه مكبرة واذ

كانت الاشباح حول هذا الشئ يحجز دونها الصندوق تظهر الصورة كأنها  
الشئ الحقيقي

### ٥١٤ المكرو سكوب او نظارة التكبير المركبة

هي آلة لتكبير الاشباح كالمكرو سكوب البسيطة . واجزاؤها الجوهرية

علسيتان محدبتان احدهما ث ت (شكل ٢٩٠) تسمى زجاجة الشبج والآخرى

شكل ٢٩٠



ج ح تسمى زجاجة العين. والشبج الصغير اب المطلوب تكبيره يكون على بعد عن ث ت اعظم قليلاً من بعد بورعها الرئيسة فمحصلة بواسطتها صورة مكبرة مقلوبة ذ د (رقم ٤٧٦) ثم ان زجاجة العين ج ح توضع بحيث تكون الصورة ذ د اقرب قليلاً اليها من بورعها الرئيسة فتراها العين التي توضع عند م ر على الجانب التي هي فيه ولكنها تظهر اكبر (رقم ٤٧٥). فيظهر الشبج مكبراً جداً لان زجاجة الشبج جعلت صورته اكبر منه وزجاجة

العين كبرت تلك الصورة فيكون قد تكبر مرتين. فاذا كان قطر الصورة ذ د عشرة اضعاف اب وتُطَرَّت عن بعد هو جزء من عشرين من بعد البصر الاعنيادي تكون قوة الآلة للتكبير تكبر القطر ٢٠٠ ضعف او مساحة

شكل ٢٩١

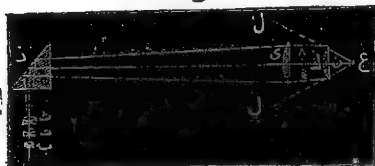


وجهه المنظور ٢٠٠ او ٤٠٠٠٠ ضعف. وتسمى دائرة الفسحة المنظورة في المكرسكوب ساحة النظر

في هذا الشكل ترى صورة المكرسكوب المركبة الدارجة. فان اب الانبوبة المحتوية العدسات التي ذكرت قبيل هذا. وس العمود لاجل ارتكاز الانبوبة عليه. ود برغي به ترفع الانبوبة او تنزل عند ما يراد توقيع بعد البورة. وي مرآة تعكس نور مصباح او نور الشمس لاجل اضاءة الشبج. وق عدسية محدبة

تستعمل بدل المرآة. وقد تستعمل هذه العدسية لمكرسكوب بسيطة ذات

عدسية واحدة محدبة ويقال لها حيثئذ المرسكوب الشمسية  
 ٥١٥ اذا قصد اصطناع آلة المرسكوب لكي تكون ذات قوة وإفرة  
 للتكبير فبداعي الخطأ الكروي واللوني تكون الصور غير جلية . ولإزالة ذلك  
 قد اصطنعوا آلة مثل التي في هذا الشكل . فان الشئ هو ب وزجاجنا  
 شكل ٢٩٢



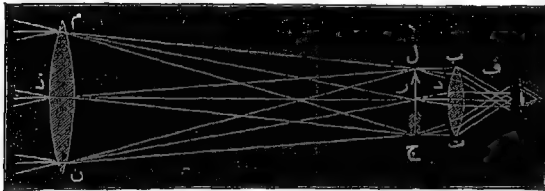
الشئ هات و ث وهما عدسيتان مفردتا التحديق كل منهما مؤلف من عدسية  
 زجاج صواني مفردة التعكير واخرى من زجاج صاف مزدوجة التحديق  
 لاجل ازالة الخطأ اللوني كما مر ( رقم ٤٩٥ ) . وذ منشور قائم لاجل امالة  
 الشعاع عن جهة سمية الى جهة افقية بانعكاس في زاوية الانكسار الكلي .  
 وي و ن هما زجاجنا العين وجعلنا اثنتين لكي تنقضا الخطأ الكروي . والعين  
 عند ع ترى الشئ ك ما لنا الزاوية بين الخططين المنقطين ل ل

### ٥١٦ التلسكوب او نظارة التقريب

التلسكوب هي آلة لاجل تقريب الاشباع البعيدة للنظر لكي نرى اوضح  
 مما ترى بالنظر المجرد . وهي نوعان لان صورة الشئ المنظور اما ان تكون فيها  
 اولاً بمرآة مقعرة ثم تستعمل مرسكوب بسيطة لاجل نظر الصورة كما اذا كانت  
 جسمًا صغيراً واما ان تصطنع بعدسية ثم تنظر بعدسية اخرى . ويقال للاولى  
 تلسكوب الانعكاس وللثانية تلسكوب الانكسار

### ٥١٧ التلسكوب الفلكية

هي النوع الأبسط من تلسكوب الانكسار تتألف من عدسية تسمى زجاجة  
الشيخ لاجل اصطناع صورة الجسم السموي ومكرو سكوب بسيطة يعرف بزجاجة  
العين لاجل تكبير الصورة . اما الصورة فهي عند البورة الرئيسة من زجاجة  
شكل ٢٩٣



الشيخ وزجاجة العين موضوعة على بعد من الصورة يساوي بعد بورتها الرئيسة  
عنها لكي تخرج اشعة كل قلم على التوازي فبعد احدى العدسيتين عن الاخرى  
بمقدار مجموع بعدي بورتها الرئيستين . فان م ن ( شكل ٢٩٣ ) هي زجاجة  
الشيخ وب ت زجاجة العين . فصورة الجسم السموي ل ج تصطبغ صغيرة  
مقلوبة ( رقم ٤٧٦ ) . ولا يمنع خروج الشعاع من زجاجة العين متوازية اصطناع  
صورة بها لان الاقلام نفسها ولين تكن متوازية غب مرورها في طرفي تجمع  
الى المحور كما ترى في الشكل . والعين يقتضي ان توضع عند ف مكان اجتماعها

### ٥١٨ قوات التلسكوب

ان قوة التكبير في التلسكوب تساوي نسبة بعد البورة الرئيسة عن زجاجة  
الشيخ الى بعدها عن زجاجة العين

لانه اذا فرضنا ذر ( شكل ٢٩٣ ) بعد بورة زجاجة الشيخ - ح ورد  
بعد بورة زجاجة العين - ت وبعد الشمس او جرم آخر - ب فيموجب  
( رقم ٤٧٦ ) تصغر الصورة ح ل عن الشمس بنسبة ح : ب . واذا فرضنا  
العين ف عند بورة ب ت الرئيسة تكبر هناك الصورة المذكورة التي تراها

العين عند الشمس حيث انت الشعاع بنسبة ب : ت ( رقم ٤٧٦ ) وإذا ضربنا هذا التناسب في ح : ب يحصل ب ح : ب ت وهذا يساوي التناسب ح : ت فتكون قد كبرت الشمس للعين بنسبة ح : ت اي بعد بورة زجاجة العين الى بعد بورة زجاجة الشئ . فينتج انه يمكننا ان نعظم قوة التلسكوب الى اي درجة قصوى نشاها اذ كان يمكن ازيد ياد نسبة بعد بورة زجاجة الشئ بتقليل تحديقها ليطول بعد بورتها مع بقاء زجاجة العين على حالها او بتعظيم تحديق زجاجة العين ليقتصر بعد بورتها مع بقاء زجاجة الشئ على حالها . على ان نعظم القوة ليس بنافع ما لم تكن الصورة منيرة جلية . فلاجل حصول اناة وافرة عند النظر الى اشباح ضعيفة النور يقتضي تكبير زجاجة الشئ لكي ياتي من الشئ ما امكن من الاشعة لاجل اصطناع الصورة . ولاجل جلاء الصورة اي لتكون ممتازة جلياً يقتضي ازالة الخطا الكروي والخطا اللوني واقتان صنعة الزجاج بقدر ما يمكن . والاحتراس من الاولين وانما الاخير صعوبة تعيق جدّاً في سبيل اصطناع تلسكوبات معتبرة . وهذه الصعوبات تزداد بمعدل سريع بتكبير زجاجة الشئ . ولتقليل الخطا الكروي نحك زجاجة الشئ لكي يكون انحناءها اقل قليلاً عند الحدود وتجعل زجاجة العين عدستين مفردتا التحديق كما تقدم ( رقم ٥١٥ ) . ولتبع الخطا اللوني ما امكن تجعل زجاجة الشئ جزئين عدسية محدبة من زجاج صاف ومقعرة من زجاج صواني على الاسلوب المذكور ( رقم ٤٩٦ ) . اما صعوبة اقتان ومساواة كثافة عدسيات فعظيمة جدّاً حتي انه الى الان لم يهأ زجاجة شئ من النوع النفيس قطرها اعظم من خمسة عشر او ثمانية عشر قيراطاً

٥١٦ التلسكوب الارضية . انه في التلسكوب الفلكية هرباً من زيادة التركيب وصعوبة الاقتان لا يبالون بكون الصورة

تظهر مقلوبةً اذ كان قلب صورة الاجرام السماوية لا يضر بمراقبتها  
لاستدارتها . وإنما لاقتضاء ظهور صور الاشباح الارضية مقومةً  
يلزم ان يضاف عدسيات اخر على الموضوع في النظارة الفلكية  
لكي تقوم الصورة الاخيرة . فالتلسكوب المصنوعة هكذا تسمى  
تلسكوباً ارضية او نظارة ارضية

في هذا الشكل م من الشج واب زجاجة الشج وم ن الصورة المقلوبة  
اقرب قليلاً من البورة الرئيسة وذ ذ زجاجة العين الاولى التي تجعل شعاع كل

شكل ٢٩٤

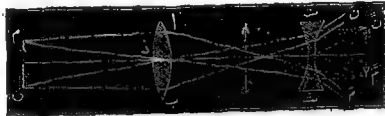


قلم متوازية غير انها تجمع الاقلام نفسها الى ل . فعوضاً ان توضع العين عند  
ل كما في النظارة الفلكية توضع زجاجة عين ثانية ي ف لكي تجمع الاقلام بعد  
نقاطها الى نقطة في صورة اخرى م ن . وهذه الصورة هي مقومة لتقاطع الاقلام  
عند ل . وزجاجة العين الثالثة ث مكرسكوب بها تكبير الصورة م ن .  
والآت كهذه تصنع غالباً من مقدار يناسب للحل ولاجل جعلها انسب للحمل  
والنقل تصنع غالباً من انابيب مفترقة تدخل بعضها في بعض دخولاً محكمًا  
٥١٩ تلسكوب غليليو

هذه التلسكوب المنسوبة الى غليليو هي اول نوع تلسكوب اخترع اختراعه  
العلامة المذكور . ويختلف عن التلسكوب الفلكية الدارجة بكون زجاجة العين  
لها عدسية مقعرة . وفي هذا الشكل نتضع كيفية اصطناعها . فان زجاجة الشج



المحدبة تجتمع الاشعة م م ذ الانية من راس الشخ الى نحو م اسفل الصورة  
والاشعة من اسفل الشخ ن ذ ن ب الى نحو ن راس الصورة . ولكن قبل ان  
شكل ٢٩٥



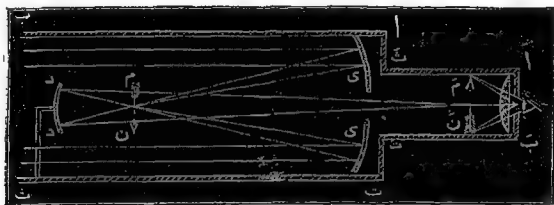
تصل هذه الاقلام الى نقط بوراتها تعترضها العدسية المقعرة ث ث التي تجعل  
الشعاع المتجمعة لكل قلم منفرجة ثم تأتي الى العين . والشخ يظهر عند م ن بالعين  
مقوماً لان القلم من راس الشخ لا يزال يظهر آتياً من اعلى والذي من النقطة  
السفلى من اسفل . وانما بداعي زيادة انفراج الاقلام العدسية تدخل الوسطى  
فقط الى العين ولهذا السبب ساحة النظر محدودة . والشخ يظهر اكبر مما هو  
بقدر الخارج من قسمة بعد بورة زجاجة الشخ على بعد بورة زجاجة العين  
وذلك يتبرهن كما تبرهن في قوات التلسكوب ( رقم ٥١٨ ) . واكثر ما  
يستعمل هذا النوع من التلسكوب صغيراً لاجل الحمل في الحقيبة والنظر  
الى اشباح ارضية كاتني تكون في المراح عند الحاجة

## ٥٢٠ تلسكوب الانعكاس

انه في تلسكوب الانعكاس تتكون صورة شخ في بورة مرآة مقعرة وتلك الصورة  
تكبر بزجاجة العين . وانواع تلسكوب الانعكاس مختلفة نذكر منها نوعاً واحداً  
وهو الاكثر استعمالاً وهو الذي يسمى تلسكوب كراكري نسبة الى المعلم كراكري من  
سكوتلاندا المخترع الاصلي . فالنور من الجرم السماوي اذ يدخل الانبوبة المفتوحة  
اب ث ث ( شكل ٢٩٦ ) يقع على المرآة المقعرة م ي التي تصنع بها صورة مقلوبة من  
عند البورة الرئيسة وبعد ان تقاطع اشعة كل قلم عند نقط هذه الصورة تقع على  
المرآة المقعرة د د التي الصورة ابعدها قليلاً من بورها فتصنع صورة ثانية م ن

ابعد من مركز تعبيرها مقلوبة بالنسبة الى الاولى (رقم ٤٥٤) وبالضرورة مقومة باعتبار الشئ. وهذه الصورة الثانية هي في انبوبة العين آتت حيث يكون قد

شكل ٢٩٦



اجتاز النور من ثقب في مركز المراة الكبيرة. وزجاجة العين لاجل نظر هذه الصورة عند آت في طرف الانبوبة الصغيرة. وهرباً من الالتباك في الشكل قد رسم اربعة شعاع فقط وهذه الاربعة من مركز الشئ. وهذه بعد ان تنعكس عن عى ي تجمع عند مركز الصورة الاولى وبعد انعكاسها ثانية عن دد تلتقي عند مركز الصورة الثانية. اما الشعاع من راس الشئ فتدخل الانبوبة وتنعكس الى تحت وتجمع عند ن اسفل الصورة الاولى ورأس الثانية اذ تجمع الشعاع من اسفل الشئ عند م في الصورة الاولى وعند ن في الثانية. ولا تعترض المراة دد دون النظر الى اى جزء من الشئ لان شعاع كل نقطة تنشر الى كل جهة غير انها تنقص قليلاً نور كل نقطة من الصورة

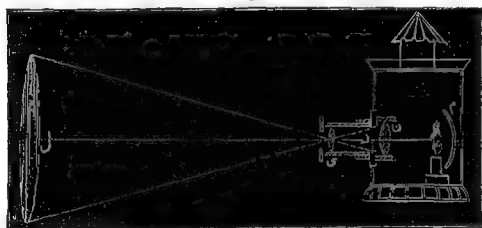
٥٢١ فائدة التلسكوب. قد تقدم (رقم ٤٤٠) ان المرئيات

يقل نورها بابتعادها بنسبة زيادة مربع البعد اى كربع البعد بالقلب وبالضرورة ولئن كانت العين توقع الصورة على الشبكية يضعف انجلاء الاشباح المرئية للبصر. اما التلسكوب مطلقاً فلما

كانت زجاجة الشب أو المرأة المقعرة فيها تجمع النور فتصغر صورة  
الشب وزجاجة العين تكبرها حتى يعود مقدارها أكبر من الشب أو  
مساوياً له فمقدار النور الواقع على زجاجة الشب اعظم جداً من  
الذي يقع على بؤبؤ العين المجرد. وبذلك يزداد كثيراً لمعان  
الاشباح فتصير أوضح مما كانت فكانها قريبت أو قل بعدها  
ولذلك سمينا هذه الآلة بنظارة التفریب

٥٢٢ فانوس الساحر. هو آلة بها تكبر صور اشباح مصورة  
على لوح زجاج بمواد ملونة شفافة

هذا الشكل يرينا الفانوس في وسط صفيح من فضة م يعكس الشعاع  
شكل ٢٩٧



وعدسية مضاعفة الخديب ن والعدسية والسطح الفضة موضوعان بحيث نور  
مصباح يقع في بورتها المشتركة. فبهذا التدبير حيل كنيف من الشعاع  
المتوازية ترقي على اللوح الزجاج المدخل في الكوة د. والاشكال على هذا اللوح  
مصورة باصماغ مختلفة ملونة شفافة ترخص للنور ان يجناز فيها بسهولة. وامام  
اللوحة توضع عدسية محدبة ه على بعد من د اعظم قليلاً من بعد بورتها الرئيسة

وبواسطة هذه العدسية تحصل على الحائط صورة مقلوبة لصورة اللوح. فلذلك يقتضي ان تدخل صورة اللوح مقلوبة لكي تتقوم على الحائط. وبموجب (رقم ٤٧٦) قطر الصورة التي تكونت على الحائط ل تزيد قطر التصوير على اللوح الزجاج بنسبة بعدها عن ي ومن حيث ان الاولى تكون ابعد من الثانية عن ي اضعافاً عديدة فهي اكبر جداً منها وبالضرورة يقل نورها بهذه النسبة. ولذلك يشعل مصباح قوي النور ما امكن ويجمع نوره بواسطة السطح الفضة المقعر والعدسية المحدبة بين المصباح ولوح الزجاج. وهذه الآلة تشبه المكرسكوب مشابة كلية فتأمل. وهي تستعمل لاجل التسلية اولايضاح بعض اصول العلوم

٥٢٣ الستيريوسكوب. هذه اللفظة يونانية معناها نظر المجسمات وهي اسم الآلة ترى فيها الصور المسطحة مجسمة. ولايضاحها نقول ان صورتني شبح في العينين ولكن تكونا دائماً متشابهتين ليستا غالباً متطابقتين تماماً. بل تكونان كذلك فقط حينما يكون الشبح سطحاً بسيطاً مستويًا كتصويرة. وانما متى كان الشبح ذا سطحين او اكثر فالصورتان في العينين



شكل ٢٩٨

تختلفان. ويمكن ان يتبين ذلك بهذه التجربة وهي امسك بيدك كتاباً واجعله قائماً امام عينيك ظهراً متجه الى نحوك فترى الظهر وكلا الجانبين. فان غمضت حينئذ عينك اليمنى ترى باليسرى ظهر الكتاب والجانب الايسر اي ان هذين الجزئين من الكتاب يرسمان على شبكية العين اليسرى. ثم بتغميض العين اليسرى يظهر ان الصورة في اليمنى مختلفة لانك ترى حينئذ مع ظهر الكتاب الجانب

الايسر منه. فبناءً على ذلك اخترعت الستيريوسكوب. وهي مولفة من

علبة لاجل وضع صورتين فيها وزوج من الزجاجات المكسرة النور لاجل نظر  
الصورتين. اما الصورتان فكلأها صورة شمع واحد غير ان الصورة عن اليمين  
مصورة كما تراها العين اليمنى . والتي عن اليسار مصورة كما تظهر للعين  
اليسرى. اما الزجاجات المشار اليها وهما من (شكل ٢٩٨) فكل منها منشور  
رفيق محكوك حتى يصير سطحه منحنيًا لكي يقوم مقام عدسية. وهما موضوعان  
بحيث زاويتا الانكسار لهما احدهما قبال الاخرى. فاذا مرَّت شعاع من صورة  
عند ا في المنشور م تصل الى العين كأنها اتية من ت اذ تصل الشعاع من  
الصورة الثانية عند ب بعد مرورها في المنشور ن الى العين كأنها اتت من ت  
وهكذا شعاع كلا الصورتين يصلان الى العينين كأنها اتيا من صورة واحدة  
هي في منتصف البعد بين الصورتين وكل من العينين ترى ما تراه من الجوانب  
لو كانت الصورة مجسمة فيظهر الشمع للناظر مجسمًا . وفائدة هذه الآلة انها  
توضح للنظر مجسمًا تصور على سطح كورق لا يمكن ان يرسم عليه الجسم تمامًا

## الفصل السابع

في تشرف النور والسطوح المخططة والصفايح الرقيقة

٥٢٤ اذا دخل حبل من النور الى غرفة مظلمة من ثقب في  
شباك فيه عدسية تخنار عظيمة التحديب لتكون بورتها قريبة تجمع  
الاشعة فتتقاطع في بورتها وتصبح حزمة منفرجة ثم اذا ادخلنا في  
هذه الحزمة جسمًا مظلمًا كشفرة سكين مثلاً ولاحظنا الظل الذي

يرميه على سطح ابيض كورق نشاهد على جانبي الظل شرافات او  
طرر من نور ملون الوان الطيف وعلى ترتيبها . ويلاحظ  
غالبا ثلاثة او اربعة شرافات اذ تكون القربى الى الظل الاكل  
والاوضح والبعدى اقل واضعف الوانا . وذلك ما يقال له تشرف  
النور . وهذا التشرف لا يتوقف على كثافة او سمك الجسم الذي  
يرمي الظل . لان النور يمروره على حد السكين يتاثر كما يمر على منته  
وعلى قطعة من رخام كما على صفحة رقيقة من الهواء محصورة في  
الزجاج . واذا ادخلنا الى الغرفة المظلمة المذكورة نور لون  
واحد عوضا عن النور الابيض بوضع لوح من زجاج له لون  
امام ثقبها او بارسال احد الوان الطيف الى داخلها ترى  
الشرافات حيثئذ من ذلك اللون فقط احداها تفترق عن  
الآخرى بخطوط اعتم منها . وعند قياس عرض وبعد شرافات  
مختلفة يرى ان شرافات الاحمر هي الاعرض والتي للبنفسجي  
هي الاضيق وعرض شرافات بقية الوان الطيف بحسب رتبها .  
وهذه الظواهر تحصل بدخول النور في اثقاب صغيرة غير انها  
تكون مختلفة الهيئة . فاذا عرضنا صفحة من رصاص فيها ثقب  
دبوس امام مخروط النور الداخل الى الغرفة المشار اليها وجعلنا  
تلك الحزمة الرفيعة من النور المارة بثقب الصفحة المذكورة تقع

على نظارة معظمة فالثقب يرى دائرة مضيئة محاطة بعدة حلقات كل منها مؤلف من ألوان الطيف . وهذه الحلقات بالحقيقة هي الشرافات التي تكونت بواسطة حد الثقب المستدير غير أن حدودها المتقابلة أحدها قريب جداً إلى الآخر . فإن أزيلت هذه الصفيحة وعُرِضَتْ أخرى لها ثقباً دبوس البعد بينها أقل من ثلثي عقدة فإعداد الحلقات المستديرة الملونة حول كل من حزمتي الأشعة على سطح الورق المقابل يظهر خطوط مستطيلة تقطع الفسحة بين الثقبتين وهذه الخطوط مستقيمة تقريباً ومضيئة ومظلمة بالتبادل وتختلف ألوانها بحسب بعدها عن الخط الأوسط . وهذه الخطوط نتيجة وقوع إحدى حزمتي النور على الآخر ليس إلا لأنه عند تغطية أحد الثقبتين تخفى كلياً . وباصطناع اثقاب مستديرة وشقوق ضيقة على هيئات مختلفة في صفيحة الرصاص تحصل أشكال جميلة لامعة جداً . وعلة هذه النتائج أن النور بوقوعه على حواف المواد ينعكس قليلاً فينكسر في الهواء وبالاكسار ينحل إلى ألوان الطيف . وإما عدم ظهور هذه النتيجة دائماً بمرور النور على حواف الأجسام فلرجوع الألوان المخلة بيضاء باختلاطها بالأنوار الغريبة . ودليله أنه إذا اتفق أن تكون الشعاع المارة على حواف الأجسام نقية من الألوان الغريبة كما إذا نظرنا إلى سقف خص قزٍ مظلم واقع عليه

نور الشمس ونافذ في ثقبه وشقوقه نشاهد ألوان الطيف واضحاً. وإيضاً تظهر هذه النتيجة بالنظر إلى مصباح بعيد من خلال نسيج ريشة طير. فيرى عدة صفوف من صور ملونة على ترتيب يثبت بثبوت الريشة ويدور بإدارتها

٥٢٥ السطوح المخططة. إذا خُطِّطت سطوح مادة ما بمجر خطوط متوازية ٢٠٠٠ خط أو أكثر لكل عقدة تعكس ألواناً لامعة إذا وضعت في شعاع الشمس. فإن عِرْق اللؤلؤ وهو صدف اللؤلؤ وأنواع كثيرة من الصدف البحرية تظهر ملونة لكثرة الخطوط الدقيقة في سطوحها. وهذه الخطوط هي الحدود الدقيقة للمادة الشفافة التي تتركب منها الصدفة والتي تبرز على السطح بخطوط دقيقة قريبة من التوازي. والذي يؤكد أن اللون ينتج عن السبب المذكور حصول ألوان المادة الملونة على سطح مادة لزجة إذا كُبِسَت المادة عليه. وبهذه الطريقة اكتشف العلامة ولستن العلة الحقيقية لألوان كهنه. وألوان المتغيرة في ريش بعض الطيور وأجنحة بعض الهوام ناتج أيضاً عن تخطيط سطوحها. ويمكن أن تصنع المعادن لامعة جداً بضررها بطابع من فولاذ يخطط أولاً بماسة مرسومة تُجر على حد مسطرة بخطوط من ٢٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ لكل عقدة. والأزرار المذهبة وأدوات أخرى



للملبوس تستحضر أحياناً على هذا الأسلوب وتسمى بالحليّ الطيفية. ولما كان اللون يختلف باختلاف البعد بين الخطوط وميل شعاع النور فقد يعكس نفس السطح المخطط على الأسلوب المذكور كل الألوان وكل لون مراراً كثيرة بمجرد تغيير ميله على شعاع النور

٥٢٦ الصفائح الرقيقة. إذا تحول سمك مادة شفافة إلى أجزاء من مليون من العقدة تعكس الواناً براقاً تتغير بحسب تغير السمك. وأمثلة ذلك الصفائح الرقيقة من الهواء الشاغلة شقوقاً في الزجاج والجليد والخلال بين صفائح الميكال. وكذلك القشور الرقيقة من الزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج ولكن بنوع جلي في رغوة الصابون التي تُنفخ حتى تصبح ذات فقائيع رقيقة جداً. وإذا وضعت عدسية قليلة التحديب على زجاجة متوازية السطوح وانكسب الاثنان معاً بمرغ ووقع عليها نورٌ من كوةٍ تشاهد حلقات ملونة مصطفة حول نقطة الماسة في الصفائح الرقيقة من الهواء. والحلقات الأقصر قطراً منها هي الأوسع والأملع وكل منها تحوي الوان الطيف بترتيبها من البنفسجي على الحد الداخل إلى الأحمر على الخارج. وأما الحلقات الكبرى فليست تصير أضيق وأقل لمعاناً فقط بل تحوي أقل الوان مع بقاء الألوان على ترتيب الطيف. وازدياد الكيس بسبب اتساع الحلقات اذ تكون حلقات جديدة

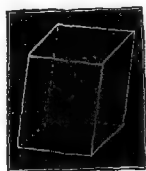
عند المركز وهذه تتسع أيضاً حتى يصير المركز مظلماً ولا تعود تكون حلقات جديدة وهذه الحلقات تسمى غالباً حلقات نيوتن لانه أول من بحث عن امرها

## الفصل الثامن

### في الانكسار المزدوج والاستقطاب

٥٢٧ الانكسار المزدوج . ان كثيراً من المواد الشفافة وخصوصاً المتبلورة عوضاً ان تكسر شعاع النور بموجب الطريقة الاعيادية تقسمها الى قسمين . وذلك ما يسمى بالانكسار المزدوج ويقال للمواد التي تكسرهما هكذا المواد ذات الانكسار المزدوج واشهر هذه المواد كربونات الكلس التي تسمى البلورات الايسلاندية وهيئتها (شكل ٢٩٩) شكل متوازي

شكل ٢٩٩



السطوح لثلاثة اوجه هي مستطيلات فاذا وضعت احدى البلورات المذكورة على سطر كتابة مثلاً يظهر السطر الواحد اثنين واحدى الصورتين مفترقة عن الاخرى واقرب الى العين

٥٢٨ الشعبة الاعنيدية وغير الاعنيدية. لنفرض عوض ان ننظر الى سطر الكتابة او اشباح اخر في البلورة ان جبل الشعاع ك ر (شكل ٢٠٠) وقع عليها. فعند دخوله ينقسم الى ر ذ و ر د وبعد النفوذ يخرج حبلين مفترقين



ذ ذ و د د احدهما يوازي الاخر وكلاهما يوازيان الشعبة الواقعة رك. واحدهما ر ذ ذ يجري على الناموس الاعنيدى للانكسار اذ يبقى في سطح الوقوع وعلى

نسبة واحدة بين جيب الوقوع وجيب الانكسار في كل الاميال ولذلك يقال له الشعبة الاعنيدية. والاخر ر د د يبعد عن سطح الوقوع في اكثر الاحوال ولا يبقى على نسبة واحدة بين جيب الوقوع والانكسار له ولهذا يقال له الشعبة غير الاعنيدية

٥٢٩ محور البلورات. انه يوجد جهة واحدة يمر فيها النور اذ يحترق البلورة بدون ان ينكسر انكساراً مزدوجاً بل انكساراً مفرداً. وتلك الجهة يدل عليها بالخط ال الذي يوصل بين الزاويتين المنفرجتين ويقال لهذا الخط محور البلورة. وكذلك اذا دخلت الشعبة في اي نقطة من عندها تميل بالانكسار حتى تصير متوازية لخط ال تنكسر انكساراً مفرداً كما في سائر المواد الشفافة

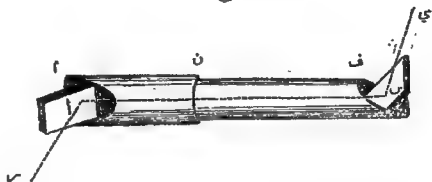
الاعنيادية . غير ان جيب الانكسار لا يبقى على نسبة واحدة لجيب الوقوع في اميال مختلفة ولبعض البلورات جهتان فيها كالذكورة ويقال لها بلورات ذات محورين . ويندر وجود بلورات ذات محورين . وندر منه وجود بلورات ذات ثلاثة محاور او اكثر . والبلورات التي الشعاع غير الاعنيادية فيها دليل الانكسار لها اعظم منه للشعاع الاعنيادية يقال لها البلورات ذات المحور الايجائي . والتي دليل الانكسار الاولى فيها اقل منه للثانية تسمى البلورات ذات المحور السليبي ومن هذا النوع اي ذات المحور السليبي بلورات ايسلاند

٥٢٠ استقطاب النور . هو تغير في اشرار النور يحدث بتغيير جهة سطح شعني الوقوع والانعكاس منه او شعني الوقوع والانكسار . فهو يقسم الى نوعين استقطاب الانعكاس واستقطاب الانكسار وسنوضح كلاهما بالتفصيل .

استقطاب الانعكاس . يتضح لنا ذلك بالالتفات الى آلة الاستقطاب المعروفة بالبولارسكوب . ان (شكل ٣٠١) يبين الاجزاء الجوهرية في الالة . فان ف انبوبة داخلية في انبوبة اخرى من بحيث يمكن ان تدار الاولى في الثانية بسهولة . وصفيحنا اوس قطعتان من زجاج مظلم ملون مركبتين على فوهتي الانبوتين

بمفصلات حتى يجعل ميلها على محور الانبوتين أي زاوية تتراد .  
وليكن ميل سطح كلٍ منها على المحور المذكور  $33^\circ$  وليقع حبل من

شكل ٢٠١



الشعاع على السطح ا ويجعل زاوية الوقوع  $57^\circ$  متم زاوية  $33^\circ$ . فبعد  
الانعكاس يمر في المحور داخل الانبوتين ويجعل على س زاوية  
الوقوع المذكورة نفسها وتنعكس الشعاع ثانية اذا كان السطح س  
مقابلاً بحيث يبقى سطح الوقوع متطابقان . ولكن ان ادبرت  
الانبوبة ن ف حتى تصير كما في الشكل فالشعاع المنعكسة ثانية  
عن س تتغير كثافتها بحسب ميل احد سطحي الوقوع عند اوس  
على الآخر . وحينئذ يقال ان حبل الشعاع اس نورٌ مستقطب .  
والزجاجة التي في هذه الالة جعلت الاستقطاب تسمى المستقطب .  
والزجاجة س التي يظهر ان اس يستقطب بادارتها تسمى المحلل  
٥٢١ تغير الكثافة . ان التغيرات التي تحدث في الشعاع س ي  
هي كما ياتي . فاذا وضعت الانبوبة ن ف بحيث سطح الوقوع على س  
وهو اس ي مطابق سطح الوقوع السابق راس ف كثافة النور

عندي هي كما اذا كان اس جبلاً من نور اعني ادي. واذا ادبرت  
 ن ف تاخذ الشعاع عندي ان تتناقص كثافتها حتى تصل الى  
 ادني درجة عندما يكون السطح اس ي عمودياً على السطح ر اس  
 كالوضع المدلول عليه في (شكل ٢٠١). وبمداومة الادارة نجد  
 الكثافة تتزايد في الربع الثاني من الدوران الى ان تصل الى معظمها  
 عندما يتطابق سطح الوقوع ايضاً في نهاية ١٨٠° عن الموقع الاول.  
 وفي النصف الثاني من الدوران تتغير الكثافة كما في الاول اي تضعف  
 ثم تتزايد. ثم لان النور هو في اقل كثافة عندما يكون سطح الوقوع  
 احدها عمودياً على الاخر فاذا توهنا ككرة مركزها س ونصف  
 قطرها س ي فقطباً دائرة السطح الواحد ي وما يقابلها حيث ي في  
 محيط دائرة الاخر ولذلك يقال ان النور قد استقطب

٥٢٢ زوايا الاستقطاب . ان زاوية الاستقطاب للزجاج  
 هي ٧٥° ليس لان الزجاج لا يستقطب فيه النور بزاوية وقوع اخرى  
 ولكن لانه في سائر الزوايا يكون استقطاب النور بدرجة ادنى اي  
 انه بادارة المحلل يكون تغير الكثافة اقل والنور عندي لا يصير  
 ضعيفاً بمقدار ضعيف في الزاوية المذكورة. ثم انه باختلاف المواد  
 تختلف زوايا الاستقطاب وقد عرف انه لقوة الانكسار مدخل في  
 ذلك حتى تحسب زاوية الاستقطاب لاي مادة كانت من معرفة

دليل الانكسار لها وبالعكس . ومن ذلك يمكننا ان نعرف قوة الانكسار لاجسام مظلمة . ثم اننا لامادة يستقطب بها النور الواقع عليها تماماً ولو عند زاوية الاستقطاب . والاستقطاب التام لشعة اس هو ملاشاة س ي تماماً عند نقطتين متقابلتين من دوراتها ومن الجهة الاخرى كل مادة لا بد ان يستقطب بها النور المنعكس عنها شيئاً . اما الاستقطاب الناتج من الانعكاس عن المعادن فطفيف جداً ولذلك لا يظهر الاستقطاب بالمرأى لان النور ينعكس عن الزئبق فيها وليس عن الزجاج

٥٣٣ استقطاب الانكسار . النور يستقطب ايضاً في نضد صفائح من مادة شفافة على زاوية وقوع تساوي زاوية الاستقطاب له . فاذا وضع النضد من ثلاثين صفيحة من زجاج شفاف رقيقة جداً مكان ا ووضع المحلل س (شكل ٣٠١) ونفذ فيها حبل من نور الى نحو س فعند دخوله وخروجه من النضد الموضوع كما في الشكل اذ تكون زاوية الوقوع وزاوية الانكسار في سطح افقي بطراً على حبل الشعاع التغير الذي حدث في استقطاب الانعكاس نفسه غير ان اماكن الكثافة العظي والدنيا تنقلب . فان انعكس النور عن س في السطح الذي فيه انكسر في ا فهو في كثافته الدنيا وفي كثافته العظي اذا انعكس عن سطح عمودي على الذي انكسر فيه كما عند ي

## في الشكل المذكور

٥٣٤ وقد يستقطب النور أيضاً في بلورات خصوصية. فكل بلورة تكسر النور انكساراً مزدوجاً تستقطب فيها الشعاع الاعتيادية وغير الاعتيادية. فان قطعت صفيحة رقيقة من بلورة من التورملين بسطوح توازي محورها فحبل الشعاع النافذ فيها يستقطب وحينما يقع على المحلل يصير لامعاً وضعيفاً بالتبادل ما دامت تدار انبوبة المحلل. وان مرَّ حبل من شعاع في بلورة ذات انكسار مزدوج ووقع كلا جزئيه على صفيحة المحلل يصير كلُّ منهما الى معظم وإلى اقل لامعته عند الارباع المتبادلة. بل حينما تكون شعة في معظم لمعانها ثلاثي الأخرى. فالشعنان الاثنان اذن اللتان تنفذان من بورة ذات انكسار مزدوج تستقطبان تماماً وهما في سطحين احدهما عمودي على الآخر

ويصح ان يوضع نضد من صفائح زجاج موضع المحلل س كما يصح وضعه مكان المستقطب الا أنه بادارته حيثُ مع كون حبل الشعاع النافذ يبقى في مكانه عينه يضيء الى معظم كثافته ويضعف الى ان يصل الى اقلها

كذلك اذا مرَّ نورٌ في بلورة تورملين ووقع على بلورة ثانية محورها البلوري متوازي لمحور الاولى فالشعة تنفذ منها ايضاً وان



ادبرت الثانية في سطحها فالشعة النافذة تتناقص الى ان تقترب الى الملائشة عندما يصير محور الثانية على ميل  $90^\circ$  على محور الاولى ثم تضي ثم تضعف بالتبادل في الارباع الباقية من الدائرة (انظر الكيمياء تاليف العلامة فان ديك وجه ٣١ سطر ١١)

٥٣٥ اخيراً ضع بلورة ذات انكسار مزدوج عند كل من طرفي الة الاستقطاب او البولاريسكوب واجعل حبلاً من الشعاع ينفذ فيها ويقع على سطح ابيض كسطح كرتونة فالبلورة الاولى تستقطب كل شععة والثانية تكسر كل شععة انكساراً مزدوجاً وايضاً تحللها فتظهر بها سلسلة تغيرات مبهجة جداً. فتظهر غالباً اربع شععات من البلورة الثانية جاعلة اربع بقع منيرة على السطح. ولكن عند ادارة الانبوبة الشعاع الاربع تاخذ بالدوران بعضها حول بعض وليس ذلك فقط ولكن اثنتان منها تاخذان بالمعان والاثنتان الاخريان تنقصان كازدياد الاوليين حتى تبان اثنتان فقط عند معظم كثافتهما. فعند نهاية الربع الثاني البقع التي كانت قبلاً غير ظاهرة تصير الى معظم لمعانها والاخرى تنطفي. وهذا التبادل يدوم ما دامت البلورة تدار. وفي منتصف كل ربع يتساوى لمعان الاربع

## الفصل التاسع

في قولي النور

٥٣٦ عند الكلام على النور في بداية هذا الباب ذكرنا لما هيته قولين قاهما فئتان من الفلاسفة ولا بأس من مراجعتها لاجل ايضاحها واظهار ترجيح الثاني

القول الاول ان النور مادة لطيفة تنتشر من الاجسام المنيرة الى كل الجهات على خطوط مستقيمة بسرعة فائقة جداً وسرعته كما مر (رقم ٤٣٩) = ١٩٢٠٠٠ ميل كل ثانية

القول الثاني انه حاسية يحدثها نقر تموج مادة لطيفة مرنة ماثلة الفضاء تُعرف بالايثير على عصب البصر

اما القول الثاني فهو المعول عليه عند جمهور الطبيعيين الآن لقيام ادلة ترجحه على الاول . وقبل تبين ارجحيته عليه نوضح حقيقة بثلاث قضايا

(١) امواج النور تسير في الاثير ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية لانه ان كانت هذه السرعة سرعة النور فلا بد ان تكون معدل السرعة التي بها تنبعث الامواج في الاثير

(٢) جواهر الاثير تتموج عمودياً على خط الشععة في كل الجهات فان نظر شخص نجماً في السميت يجب ان يُعتبر كل جوهر من الاثيريين

النجم وعينيه يتموج فاطعاً الخط السمتي في كل الجهات الافقية شمالاً وجنوباً وغرباً وفي خطوط لا تحصى بين هؤلاء

(٢) سرعة التموج تختلف باختلاف الالوان فتموج احمر الالوان السبعة هو الابطأ والبنفسجي هو الاسرع وتموج والالوان الاخرى سرعات متوسطة بينها . فالالوان القزحية تشبه ابراج السلم الموسيقي في عددها وتفاوت سرعات تموجاتها والنور الابيض هو كجميع ابراج السبعة للاذن . وفي الاثير تموجات ابطأ من تموجات النور الاحمر واخرى اسرع من تموجات النور البنفسجي ولكنها لم تكن لتؤثر بالبصر . اما الاولى وهي الحرارة فتؤثر بحاسية اللمس واما الثانية فتصدر عنها نتائج كماوية

٥٣٧ المعارضة بمرأتين . من القضايا التي ترجح القول الثاني وهو الحكم بكون النور مادة متموجة معارضة اشعة النور بعضها بعضاً بمرأتين

خذ سطحين يعكسان النور كمرأتين واجعل ميل احدهما على الاخرى زاوية منفرجة جداً (شكل ٢٠٢) واجعل حبلاً من النور ان يقع عليها وينعكس

شكل ٢٠٢ .



عنها الى سطح ابيض كسطح كرتونة فالخزمتان المنعكستان عن المرأتين احدهما تعارض الاخرى وتجعلان خطوطاً لامعة ومظلمة . ويعمل عن ذلك بموجب القول الثاني تعليلاً مقبولاً للعقل وهوان النور اذا عارضت تموجاته

بعضها بعضاً يتج ظلام وان التقت بدون ان يعارض بعضها بعضاً فالنتائج  
زيادة لمعان الاجتماع النور كما ان معارضة موجات الهواء بعضها بعضاً تسبب  
سكوتاً

لنفرض نور لون واحد كالبنفسجي يأتي من نقطة مشعشة ا (شكل ٢٠٢)  
ولنعكسه المرآتان ب ب و ي ث الى السطح ك ذ . فقد يتفق في نقطتي ف و ي  
ان تكون الشعبة المنعكسة عن الاولى ا ز + ز ج تساوي الشعبة المنعكسة عن  
الثانية ا ي + ي ج فتكون ج حيثذ منيرة لوقوع وجه واحد من الموجتين على  
ج . ولكن ان وقعت ح بحيث ا ز + ز ح تختلف نصف موجة بنفسجية عن  
اي + ي ح تكون ح نقطة مظلمة اذ يجمع وجهان متقابلان من موجتين هناك  
فتعارض الواحدة الاخرى في مسيرها وتبطل حركتها وينتج من ذلك ظلام  
ويقع على الجانب الآخر من ج نقطة اخرى مظلمة وهي د . وايضاً تكون  
نقطتان مثل ك وذ على جانبي ج كل مسافة مرور النور الى كل منها على مرآة  
واحدة تزيد كل مسافة مروره اليها على المرآة الاخرى بموجة واحدة بنفسجية  
فهي ا ن النقطتان هما مضيئتان . فتقع صفوف نقط مضيئة ومظلمة على سطح  
الكرتونة هي في خطوط شرجية . اما سائر الالوان السبعة فتظهر منها نقط مفترقة  
ابعد من الصادرة عن البنفسجي ومن ذلك دليل على كون موجاتها اطول

٥٢٨ المعارضة بتشرف النور . من القضايا التي ترجح موج  
النور ايضاً معارضة اشعته اذ يتشرف بدخوله في ثقب في حاجز  
مظلم

ليكن ث ث ثبا ضيقاً جداً من حاجز مظلم اب (شكل ٢٠٣) يدخل  
فيه حبل من النور ي وذ ح من لون ما آت من نقطة واحدة فان ذلك  
الجزء من الثقب قرب ث يسوغ ان يحسب مركزاً ايضاً منه تصدر موجات

الى كل الجهات ويصح ذلك في الجزء الاخر من الثقب قرب ت . لكن د نقطة على جانب المحل بحيث يكون الفرق بين

شكل ٢٠٣



البعدين ث د وت د نصف موجة من اللون المدخل فاذا يجمع وجهان متقابلان هناك تكون د نقطة مظلمة . ثم لكن ج نقطة ابعد عن المحل حيث ت ج - ث ج يساوي طول موجة فتكون نقطة ج منيرة اذ يلتقي وجهان متشابهان في تلك النقطة . وهذا التبادل يتكرر مرات قليلة حتي تجمع النقط المنيرة وتضعف . وان جعل

الثقب اضيق فواضح ان الفسحات المتوسطة ح د دج الخ لا بد ان تطول لكي تبقى ت د - ث د متساوية نصف موجة وت ج - ث ج تساوي موجة . فالنور البنفسجي يجعل خطوطاً اضيى والاحمر خطوطاً اوسع وذلك دليل كما مر على كون موجة اللون البنفسجي اضيى لما لا يخفى . واما النور الالبيض فينتج عنه شرافات طيفية كل منها مركب من الالوان السبعة كما مر . وان ازيل الجانب الالبي من الحاجزات حتى يمر النور على طرف واحد تبقى الشرافات غير انها تختلف نوعاً .

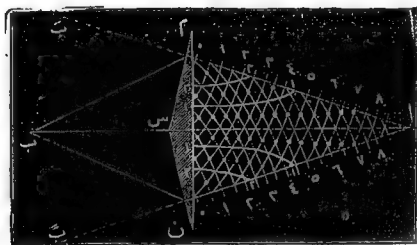
٥٣٩ معارضة النور بمنشور زجاجي . اذا وقع النور على سطحي

منشور زجاجي بينها زاوية منفرجة جداً يظهر صفوف من النقط السود والبيض ايضاً وذلك دليل ايضاً على تموج النور

مثال ليدخل نور الشمس الى غرفة مظلمة من ثقب مدخل فيو عدسية محدبة ذات بورة قريبة ولتكن البورة ب (شكل ٢٠٤) وليكن م س ن منشوراً ذا زاوية منفرجة جداً عند س فالشعاع المنشرة من ب الواقعة على سطح م س تنكسر كأنها صادرة من ب اذ تنكسر الشعاع من ب الواقعة على س ن

كانها صادرة من ب. فالتقطتان ب و ب يصح ان تحسبا مركزين لنظامي  
امواج منتشرين كانها صادران من ب و ب فتعارض امواج النقطة الواحدة  
امواج الاخرى وتتقاطعان. ارسم من هاتين النقطتين كمركزين اقواساً مستديرة

شكل ٣٠٤



٤٣٢١٠ الخ لكي تدل كل فسحة بين قوسين متوازيين منها على موجة . ثم  
ارسم بين كل اثنتين منها اقواساً فتتوسط الامواج فاذا التقى موجتان كاملتان  
او نصفاً موجتين تزيد احدهما اشارة الاخرى فيحصل من ذلك صفوف نقط  
منيرة كما يدل عليها بالخطوط البيض ٢٢١١ . ولكن ان صار تقاطع عند  
النقط حيث الموجتان في جهتين متقابلتين تعارض احدى الموجتين الاخرى  
فتزيل اثارهما ويحصل صفوف نقط سود كما يدل عليها بالنقط البيضاء . فان  
عملت هذه التجربة بنور بنفسجي ووضع حاجز عند يحصل صفوف بقع صغيرة  
بنفسجية وسود بالتبادل . وان عملت بنور احمر يحصل صفوف بقع حمر  
وسود غير ان البقع في النور البنفسجي تكون اضيق من التي في الاحمر وذلك  
دليل على ان امواج البنفسجي اضيق من امواج الاحمر . ولذلك نفهم انها اسرع  
في سيرها اذ كانت هذه وتلك تقطعان مسافة واحدة في وقت واحد . اما بقع  
بقية ألوان الطيف فتظهر صفوفاً لامعة وسود سعة الواحدة منها بين سبعين  
التي للاحمر والتي للبنفسجي . واذا عملت التجربة في النور الابيض تظهر عند

ابنية يضاء ولها هذب احمر ثم بعدها بقع سوداء ثم بعدها بقع مبنرة هديها  
احمر ووسطها بنفسجي وما بعد ذلك بقع سوداء وما بعدها بقع مبنرة هديها  
احمر ووسطها بنفسجي وهلم جرا

٥٤٠ ازالة التموج بالاستقطاب. يمكن ان يعلل عن  
الاستقطاب بموجب حكم التموج تعليلاً مقبولاً وهو ان النور الذي  
يتموج في كل الجهات كما مر اذا انعكس سواء كان انعكاسه عن  
المستقطب او عن المحلل فتلك التموجات منه التي هي في سطح  
الوقوع تضعف كثيراً او قليلاً اذ لا تثار تلك التي هي عمودية على  
ذلك السطح

ولا يصحح ذلك لنفرض (شكل ٢٠١) ان ا و س مستطيين تامين  
حتى ان التموج في سطح الوقوع يتلاشى كلياً. ففي خط دا جواهر الابر  
تموج معارضة له افقياً وسمتياً واذا كان سطح الوقوع راس افقياً فالجواهر في  
خط ا س تبقى متموجة فقط لان التموجات الافقية اذ كانت في سطح  
الوقوع تتلاشى لمصادمتها السطح العاكس نحرًا. ثم ليوضع السطح س بحيث  
يعكس افقياً فالنور لا يضعف بهذا الانعكاس لانه لا تموجات افقية لتتلاشى  
حيثئذ. ولكن ليُدرس ليُعكس سمتياً اي الى فوق فلا يتاثر الانعكاس  
حيثئذ اذ كل التموجات الباقية في ا س في السطح السمتي الذي هو سطح  
الوقوع فتتلاشى التموجات السمتية عند س بنفس السبب الذي به تلاشت  
التموجات الافقية عند ا. وبمثل هذا التعليل يعلل عن استقطاب الانكسار  
لان النور بدخوله بين سطحين قرييين جنًا في بلورة ايسلاندية مثلاً تصير  
تموجاته في سطح واحد ثم اذا مر في بلورة اخرى في سطح يطابق السطح الاول

الذي نفذ منه فتموجاته فمجازه وإن عارض السطح الثاني الأول فلا لانه  
يعارض حيثئذ تموجات النور  
فالقضايا التي ذكرت اذ كان لا يعمل عنها تعليلاً مقبولاً للعقل الآ  
بمقتضى تموج النور تُرَجَّح لنا كون النور مادة اثيرة متموجة وإن تموج هذه  
المادة سبب للأشعار بالنور وبالأشياء المرئية والحرارة





# الباب الحادي عشر

في الحرارة وفيه اربعة فصول

## الفصل الاول

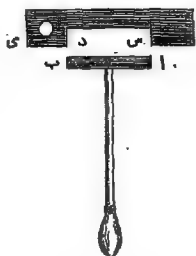
في الامتداد والثرمومتر

٥٤١ الحرارة هي تموج في الاثير ابظاً من تموج اي لون كان من الوان الطيف . وهي احدى الاشياء الاربعة التي لا يشعر لها بثقل اذ لا توزن وهي الكهربائية والمغناطيسية والنور والحرارة . وزيادتها تؤثر باللمس وتصدر عنها مسببات اخرى في المواد كما سيأتي

كل الاجسام سواء كانت جامدة ام سائلة ام غازية يمتدد حجمها بزيادة الحرارة

فان اخذنا قضيباً من حديد اب حتى يدخل بمحرارته الاعنيادة في س ل وقطره يدخل في الثقبى فاذا احي الحديد اب بطول حتى لا يعود

شكل ٢٠٤



يحتاز في س د ويثن حتى لا يعود يدخل  
في ي . ثم اذا برد يعود يدخل ايضا  
كالاول .

٥٤٢ اذا ملي بلبوس زجاجي  
متصل به انبوبة صغيرة بسائل مرن  
او غير مرن واحي يصعد السائل في  
الانبوبة لتمدده بالحرارة

خذ انبوبة طويلة ( شكل ٢٠٥ ) لها بلبوس زجاج ب في طرف واحد  
والطرف الآخر مفتوح ومغطس في وعاء زجاجي مجنوي سائلا ملونا . فاذا  
احي البلبوس يتمدد الهواء فيخرج جانب منه ثم اذا برد  
يتقلص فيصعد السائل في الانبوبة . فقم الاجسام اذا  
يتوقف على درجة حرارتها . فقب ميزان اذا كان  
طوله ذراع في الصيف فهو اقل من ذراع في الشتاء .  
والوعاء الذي يسع قنطارا من الزيت في الشتاء يسع  
اكثر من قنطار في الصيف . وبموجب هذا الناموس  
شي الكسنا يقتضي ثغر جزء من قشرة كل واحدة منه



قبل وضعها في النار ولا يتسع الهواء داخلها بحرارة النار فيشق الكسنا لضيق  
الحل ويخرج بفرقة قوية ويشرع النار والرماد واجائنا يحصل من ذلك  
ضرر بليغ بحرق الاثاث الثمين وقس على ما ذكر ما لم يذكر

٥٤١ قياس درجة الحرارة . ان امتداد الجسم بناء على ما تقدم  
يصح ان يستخدم لقياس درجة حرارته . والالات التي تدل على  
درجة حرارة الاجسام تسمى ثرمومترات . فالثرمومترات تصطنع

من مواد جامدة أو سائلة أو غازية. والمادة الأكثر استعمالاً للترمومتر هي الزئبق. والترمومتر الزئبقي مؤلف من أنبوبة زجاجية شعرية في طرفها الواحد بلبوس صغير رقيق واللبوس وجانب من الأنبوبة مملوءان زئبقاً

الزجاج والزئبق كلاهما يتمددان بزيادة الحرارة فان تمدد المادتان بالسوية فعمود الزئبق في الأنبوبة لا يصعد ولا يهبط بتغير درجة الحرارة اذ يزداد حجم الزئبق كازدياد سعة البلبوس. ولكن امتداد الزئبق هو سبعة اضعاف امتداد الزجاج فان أحيى البلبوس يصعد الزئبق في الأنبوبة وان يبرد يهبط

شكل ٢٠٦



٥٤٣ الترمومتر أو ميزان الحرارة. لكي يكون الترمومتر مناسباً لقياس درجة الحرارة يجب ان يتصل بالانبوبة مقياس فدرجنا الحرارة الاعلى والاطى هما درجة الماء الغالي والجليد المذوب ويقال للاولى درجة الغليان وللثانية درجة التجمد. ففي ترمومتر فهرنهايت علامة الاولى ٢١٢ وعلامة الاخرى ٣٢ وما بينهما مقسوم الى ١٨٠ قسماً متساوية ويقال لهذه الاقسام درجات وفوق الاولى وتحت الثانية تبقى الدرجات متساوية لما بينها.

وهذا المقياس استخدم نحو سنة ١٧٢٠ وصفر المقياس وضع عند  $٢٢^\circ$  تحت درجة التجلد لان هذه الدرجة هي الابرء ما يكون التي استطاع فهرنهايت ان يصل اليها بمزيج مجلد وقد ظن انها الدرجة العظمى للبرودة التي تحدث في الطبيعة . واقسام هذا المقياس تحت الصفر تتميز بعلامة السلب . مثالة  $+٢٢^\circ$  تدل على  $٢٢^\circ$  فوق صفر ولكن  $-٢٢^\circ$  تدل على  $٢٢^\circ$  تحت صفر . ويوجد نوعان آخران من الترمومتر مشهوران احدهما ترمومتر سنسكراد والآخر ترمومتر رومر

اما ترمومتر سنسكراد فدرجة التجلد فيه مرقوم عندها صفر ودرجة الغليان ١٠٠

واما ترمومتر رومر فدرجة التجلد فيه عند صفر ودرجة الغليان عند ٨٠ فنسبة ١٥ و ٤ بعضها الى بعض كنسبة درجات الاول والثاني والثالث بعضها الى بعض والفرق بين درجة التجلد والغليان في كلها واحد اذا كانت من حجم واحد . وعلامة درجات الاول والثاني والثالث فاذا اريد تحويل درجات مفروضة في الواحد الى درجات احد الآخرين لتحول بنسبة تتالف من عدد من هذه الثلاثة بخصان بالاثنيين والدرجات المفروضة فالرابع المجهول هو درجات الآخر غير انه يجب اضافة  $٢٢^\circ$  لدرجات فهرنهايت بعد ان تستخرج في النسبة لان صفره عند  $٢٢^\circ$  تحت التجلد مثالة اذا قيل تحويل ١٥ س الى درجات ف نعمل هكذا  $١٥ : ١٠٠ :: ١ : ك$  -  $٢٧ + ٢٢ = ٥٩^\circ$  ف

انه لما كان الزئبق يجلد عند  $-٢٩^\circ$  فاذا اريد الوصول الى درجة

حرارة ادى من ذلك فلا يعود الزيتى يصلح لهذه الغاية بل يستعمل لذلك غالباً الكحول الذي لم يجلد قط . وقد يستعمل هواء الجلد في الترمومتر . فهذا السيل يبقى في الحالة الهوائية في كل درجة من الحرارة وقابل التمدد دائماً . غير انه يتاثر ايضاً باختلاف الكبس فيكون بارومتر كما هو ترمومتر

ومن انواع الترمومتر ترمومتر التفاوت وهو مؤلف من انبوبة ملتوية حتى تصنع قائمتين . وعلى الساق الواحد مقياس وفي الانبوبة حامض كبريتيك ملون احمر ( شكل ٢٠٧ ) وفي البلبوسين هواء . شكل ٢٠٧



فان كانا على حرارة واحدة يكون الحامض في الساقين على موازنه ويكون عند صفر على المقياس واذا زادت حرارة احدها يتمدد الهواء فيه فيطرد الحامض من ساقه الى الساق الاخر

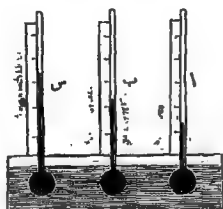
٥٤٤ كل من السائلات تمدده غير قياسي

اي لا يتمدد كازدياد درجة الحرارة ابداً . فانه اذا كان سائل عند ٢٠٠° وزادت حرارته عشرة درجات يتمدد اكثر ما اذا كان عند ١٠٠° . ولكن تمدد الترمومتر الزيتي يتساوى تقريباً بالصعود الى ٢١٢° وفوق ذلك الاحسن استعمالاً الترمومتر الهوائي

ثم ان مواد مختلفة لا تمدد على التساوي باختلاف واحد في درجة الحرارة

ليؤخذ عدة انابيب زجاجية مثل اوب وس ( شكل ٢٠٨ ) يتصل بها

شكل ٢٠٨



بلبوسات ذات حجم واحد وتملأ سوائل مختلفة الى علو واحد . املأ احدها ماء والثانية زيت السمك والثالثة كحولاً . فان غمست كلها في وعاء واحد بجنوب ماء غالباً تصعد السوائل الى اعالي مختلفة اذ يكون الماء اقلها علوً والزيت اقل علوً من الكحول . فاذا احميت المواد من  $22^{\circ}$  الى  $212^{\circ}$  يتدد

الزئبق	١٨	جزءاً من الف
الماء	٤٣	.
الزيوت النابتة	٨٠	.
الكحول	١١١	.

وهكذا الاجسام الجامدة لا تتمدد على حدٍ سوى باختلاف واحد في درجة الحرارة . فاذا اُحميت من  $22^{\circ}$  الى  $212^{\circ}$

فالزجاج البلوري او الصواني يتدد	٨١١	جزءاً من مليون
البلاتين	٨٥٦	.
الفولاذ	١١٨٩	.
النحاس الاصفر	١٨٧٥	.
النحاس الاحمر	١٨٨١	.
الفضة	١٨٩٠	.
التوتيا او الخارصيني	٢٩٤٢	.

٥٤٥. ثرمومتر برغيث. اذا اتحد سير من نحاس اصفر بسير من حديد حتى تكون القطعة المركبة منها اب ( شكل ٢٠٩ ) مستقيمة في درجة الحرارة

شكل ٣٠٦

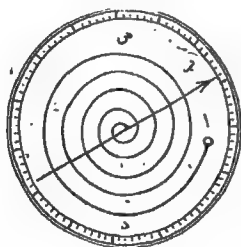


الاعنيادية فان صب عليها ماء سخناً تنحني اذ يكون النحاس الاصفر على الجانب المحدب من القطعة كما ترى في س د. وان بردت حتى

تصير درجة حرارتها ادفى فالانحناء يكون الى الجهة الاخرى اذ يكون الحديد على الجانب المحدب من المنحنى كما ترى في ح ل. وذلك لان النحاس يتدد بالحرارة او يتقلص بالبرودة اكثر من الحديد فسير كهذا مركب من معدنين يصلح ان يستعمل لقياس درجة الحرارة

وهذا الثرمومتر (شكل ٣١٠) مصنوع على هذا المبدأ لان سير رقيق

شكل ٣١٠

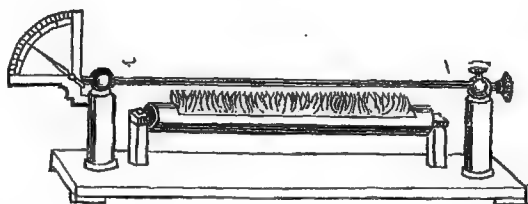


من بلاتين متحد بسير من فضة فيه سمكه نحو ١/١٠٠ من عقدة وملفثاً لفافاً حلزونياً وظرف واحد منه متصل بمسار ثابت عندا والآخر حامل الدليل ب الذي يتحرك فوق دائرة مقسومة الى درجات س د. وهذا الثرمومتر

قد يصنع دقيقاً فيعرف منه ادى اختلاف في الحرارة ويكون سهل الحمل جداً ٥٤٦ لاجل قياس درجة عالية جداً من الحرارة لا يصلح

استعمال الثرمومتر الزينقي او خلافة الان الزينقي يغلي عند ٦٦٠° ف فقد اصطنعت الآت اخرى مختلفة لاجل قياس درجات الحرارة العالية اشهرها ييرومتر دانيال

هذا اليرموتر كما ترى (شكل ٢١١) مركب من انبوبة بلومباجين ا ب  
طرف منها مسدود والطرف الاخر مفتوح وفي جوفها قضيب بلائين ثاني ثمن  
شكل ٢١١



الطرف المفتوح متصل بعقرب يدور على مينة منقسمة الى درجات . فاذا  
احسبت الانبوبة بتدد القضيب فيدير العقرب الذي يشير الى درجة الحرارة  
٥٤٧ ان بعض الاجسام كالماء تخالف ناموس التقلص  
بزيادة البرودة عند وصولها الى درجة معلومة من قلة الحرارة .  
فان الماء اذا كان عند درجة الغليان وبردته ياخذ ان يتقلص في  
الحجم حتي يصل الى درجة ٣٩ وعند تلك النقطة يزول التقلص  
ثم ان بقيت درجة البرودة تزداد يبقى الحجم على ما هو لحظة وينقلب  
الحال وياخذ بالتدد والاتساع حتي يتجلد . فالماء يصل الى معظم  
كثافته عند ٣٩ ف اي ان كان الماء عند درجة ٣٩ فسواء  
احميناها ام بردناه يتدد . وقد عللوا عن تمدد الماء عند اقترابه الى  
درجة التجلد ان الجواهر عند وصولها الى ٣٩ ف تتنظم انتظاماً  
جديداً استعداداً للتبلور ثم تبلور تاركة مساماً عديدة فيتسع الحجم



ومواد اخر كالحديد والذهب والكبريت والبرموث الخ يمتد  
حجمها مثل هذا التمدد عند بداية تبلورها . وخاصة التمدد هذه  
تعتبر جدًّا في الطبيعة فانها في الحديد عند التبلور تجعله مناسبًا  
للصب . لان تمدد هذا المعدن يجعله ان يملأ القالب فيكون المصبوب  
ناعماً تام الهيئة . وهي في الماء تجعل الجليد ان يعوم عليه اذا تجلد  
وجهه شتاء اذ يمتد فيقل ثقله النوعي . فتبقى درجة حرارة ما  
تحت الجليد من الماء ٣٩° اذ يغطيه الجليد ويجز زيادة البرد  
الخارج . ولما كان الجليد يعوم على وجه الماء فحرارة شمس الصيف  
تذوبه في وقت قصير . ولو بقي الماء يتقلص ويتكاثف بزيادة  
البرد لكان يغرق الجليد الى اسفله ما يتجلد وجهه الى ان يصير  
كله قطعة جليد ولا تعود حرارة الصيف الثاني كله تكفي لتذويبه  
ولكان ينقطع مجرى مجيرات وانهر كبيرة وتندوم البحار المالحه متجلدة  
في البلاد الباردة فسبحان حكمة المبدع الذي جعل كل النواميس  
في المادة نافعة مناسبة

## الفصل الثاني

### في اتصال الحرارة وفي الحرارة النوعية

٥٤٨ اتصال الحرارة هو نقلها من جواهر مادة الى اخرى فاذا اُحي جسم فوق الاجسام المجاورة له توصل حرارته الى تلك الاجسام باحدى ثلاثة طرق النقل والحمل والاشعاع اما النقل فيكون بالجوامد كالمعادن وخلافها . فاذا اُحي طرف قضيب معدن فوق لهيب مصباح فالطرف الآخر تصعد درجة حرارته . وذلك لان الحرارة تنتقل بالتدريج من دقيقة الى اخرى حتى تصل الى الطرف الآخر ويقال حينئذ انها قد اوصلت ان الاجسام من حيث الاتصال بالنقل نوعان منها ما هو موصل جيد ومنها ما هو موصل ردي . فاذا احترق عود حطب عند طرفه الواحد قلما يتأثر الطرف الآخر لان الحطب او الخشب موصل ردي لنقل الحرارة . واذا اُحي طرف قضيب حديد يجي الطرف الآخر كثيراً لانه موصل جيد والتجربة الآتية توضح لنا ذلك . خذ لوحاً مستديراً من نحاس اصفر

شكل ٢١٢



(شكل ٢١٢) حرفة مثقّب ومُدخل في ثقب  
قضبّان من معادن مختلفة مقدارها واحد وطولها  
واحد في نهاية كلّ منها تجويف صغير  
لاجل وضع قطعة فصفور. فاذا وضع في اطرافها  
قطع فصفور واحي اللوح يلهب مصباح  
العرق فالحرارة توصل في القضبان المختلفة

وتشعل الفصفور أولاً في الموصل الاجود ثم في البقية بالتتابع بحسب ترتيب  
قوتها في الايصال . فتشعله أولاً في النحاس الاحمر ثم في الاصفر ثم في الحديد  
ثم في التوتيا ثم في القصدير ثم في الرصاص ثم في الزجاج

٥٥١ ان المعادن هي احسن الموصلات للحرارة . والزجاج  
والطين هما موصلان رديتان . واردة الموصلات السائلات ثم  
الغازات ارضا السائلات ايضالاً . وبموجب ذلك تصنع احياناً  
مسكات خشبية لادوية معدنية تستخدم للسائلات الحارة فيسهل  
حملها حيثئذ لكون الخشب موصلاً ردياً للحرارة فلا ينقلها بكثرة  
الى اليد . ولكون الصوف موصلاً ردياً احياناً عند ما نحمل جسمًا  
حامياً نوسط الصوف السميك بينه وبين اليد . ولاجل حفظ  
الثلج من الذوبان السريع نلفه او نطهره بموصل ردي كالصوف  
والتبن وغير ذلك . وريش الطيور وفرو الحيوانات هما موصلان  
رديان وليس فقط ذلك بل حاويان مقداراً كبيراً او صغيراً من  
الهواء الذي هو موصل ردي وذلك يجعلها اصلح لمنع البرد . وقشر

الشجر موصل ردي للحرارة فيقيها من ضرر الحرارة صيفاً والبرد شتاءً. وملابسنا الصوفية ايضاً موصل ردي للحرارة. وتخار لللبوس شتاءً ليس لانها نفسها حارة بل لانها موصل ردي للحرارة فلا توصل حرارة اجسامنا الى الهواء البارد وقس عليه

٥٥٢ اما ايبصال الحرارة بالحمل فيكون في السائلات بوضعها في وعاء فوق النار. فاذا وضع اناء فيه ماء فوق نارٍ نهدد صفيحة الماء التي تمس قعره فتصير اخف من التي فوقها. فلذلك تصعد والماء فوقها يهبط ثم نهدد الصفيحة التي نزلت الى القعر وتصعد. وهكذا لا تزال كل واحدة نهدد في نوبتها فيحصل من جري ذلك مجرى من الماء الحار الى فوق ومجرى آخر من الماء البارد الى اسفل فتحمل الحرارة من اسفل الى اعلى

شكل ٢١٢



وكيفية ذلك نتضح من النظر الى (شكل ٢١٢). فهذا الشكل يدل على وعاء مليّ أولاً ماءً بارداً ثم وُضع فيه قبضة من ذرات الكهرباء المسخونة. ولما كان الثقل النوعي للكهرباء كالذي للماء ويبقى دائماً فيه فاذا وضع مصباح عرّقه تحت الوعاء تظهر الجاري حالاً في الماء كما ترى في الشكل

٥٥٣ اما ايبصال الحرارة لاشعاع فيكون بارسال شعاع حرارة من جسم حار الى جميع الجهات. وهذا الاشعاع جارٍ

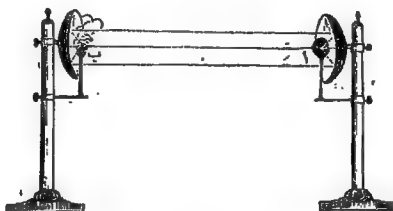
دائماً في كل الاجسام لان الحرارة تطلب الموازنة كالكهربائية او  
الهواء فتخرج من جسم حرارته أكثر وتدخل في جسم حرارته  
اقل . وقواعد الحرارة المشعة كقواعد النور فانها تنعكس وتسير  
ونقل وتمتص وتنفذ على ناموس انعكاس النور وسيره وقلته  
وامتصاصه ونفوذه . فانها تسير على خطوط مستقيمة وفي انعكاسها  
تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتين و سطح الوقوع  
وسطح الانعكاس واحد . واذا بعدت ثقل كازدياد مربع البعد  
لان الحرارة التي هي على بعد ذراعين من الجسم الحامي ربع التي  
على بعد ذراع واحدة منه وهلم جرا . وبعض الاجسام تمتص جانبا  
كبيراً منها والبعض جانبا صغيراً وتعكس الباقي . والحرارة ينفذ  
جانب منها في الاجسام الشفافة غير انة اذا كان مصدر الحرارة  
غير الشمس فلا تنفذ حرارة الشمس في الاجسام الشفافة . ولانني  
بهذا النفوذ ابصال الحرارة بالنقل في المواد كما مر لانها بهذا المعنى  
تنفذ في جميع الاجسام بل نعني اختراقها جسماً شفافاً بدون النقل .  
وسياتي تفصيل الكلام على كل ذلك

٥٥٤ انعكاس الحرارة وسيرها وقلتها . اما كون الحرارة ثقل  
كازدياد مربع البعد فبرهانه بموجب الهندسة او بالامتحان سهل .  
واما كون انعكاس الحرارة وسيرها كانعكاس النور وسيره فيتبين

كما سيأتي

اذا وضع مرآتان شحبيتا الشكل احدهما مقابلة الاخرى وبينهما مسافة

شكل ٢١٤



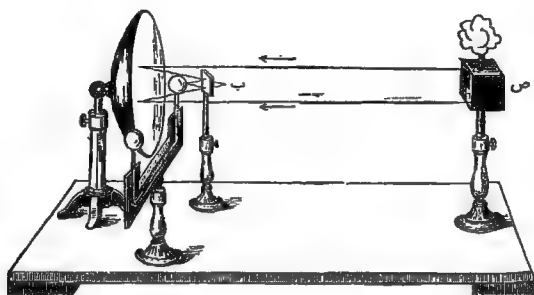
نحو عشر اذرع ( شكل ٢١٤ ) ثم وضع في البورة الرئيسة لاحدهما عند اجسم  
 حام وفي البورة الرئيسة للآخرى عند ب جسم سريع الاشتعال كقطعة فصفور  
 او قليل من البارود يلهب الفصفور او البارود من شعاع الحرارة المجموعة ولا  
 يلهب اذا وضع في غير نقطة ب . وذلك دليل على ان شعاع الحرارة قد  
 سارت في خطوط مستقيمة وانعكست عن المرآة الاولى متوازية لوقوعها عليها  
 منتشرة من البورة الرئيسة وتجمعت في البورة الثانية الرئيسة لوقوعها عليها  
 متوازية كالنور تماماً الذي لا يجري هذا الجري الا بموجب الناموس المذكور  
 للنور ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس لخيوط النور المستقيمة متساويتان .  
 ونجعل المرآتان شحبيتا الشكل لزيادة انضمام الحرارة لكونه يبرهن هندسياً  
 كون الشعاع المتوازية اذا كانتا كذلك تجمع الى نقطة واحدة على اسلوب  
 البرهان المذكور ( رقم ٤٨٠ )

٥٥٥ ثم انه بين الاجسام تفاوت في عكس الحرارة عنها فبعضها  
 يعكس عنه حرارة وافرة وبعضها حرارة اقل فكما ينعكس عنه  
 كثيراً يمتص قليلاً منها وبالعكس

وهذا الشكل يبين لنا الطريقة التي بها اظهر المعلم لسلبي التفاوت بين

اجسام مختلفة في عكس الحرارة ونسبة بعضها الى بعض من هذا القبيل . فانه وضع صندوقاً مكعباً ص من تلك الملوأ غالباً امام مرآة شلجية . فشعاع

شكل ٣١٥



الحرارة اذ وقعت على المرآة انعكست عنها الى البورة ب ثم اذ وسط صفيحة مربعة من مادة ما بين المرآة والبورة انعكست ايضاً الشعاع الى بورة بعدها امام الصفيحة كبعدها خلفها . ثم وضع في تلك البورة بلبوس ثرمومتر التفاوت الذي يقيس الحرارة . ثم بتوسط صفائح مواد مختلفة على التوالي عرفت نسبة بعضها الى بعض من قبيل عكس الحرارة عنها

فقد بين لسلي المذكور بهذا الاسلوب ان النحاس الاصفر الصقيل هو الاعظم قوة لعكس الحرارة . وان الفضة تعكس تسعة اعشار ما يعكسه النحاس والقصدير ثمانية اعشار والزجاج عشرة وان الصفائح التي تسود بالدخان لا تعكس الحرارة مطلقاً

٥٥٦ امتصاص الحرارة . ان بين الاجسام من قبيل امتصاص الحرارة تفاوتاً ايضاً . والمعلم لسلي بين ذلك بانه وضع الصندوق ص امام المرآة الشلجية كما هو موضوع (شكل ٣١٥) ثم وضع بلبوس

ثرمومتر التفاوت في بورة المرآة ب وكان يغطيه بصفائح المواد التي اراد تجربتها . فعلى هذا الاسلوب بين المذكوران الجسم الذي يعكس الحرارة اكثر من جسم آخر يمتص منها اقل وبالعكس . وعند ما سود بلبوس الثرمومتر بالدخان حصل التغير الاعظم في درجة الثرمومتر واذ غطاه بورق النبات حصل التغير الاقل

ثم لما عكس المعلم المذكور العمل بانه عوض ان يغطي الثرمومتر بالاجسام التي قصد التجربة فيها غطى اوجه المكعب بصفائح من اجسام مختلفة الجنس ظهرت ان قوة الاشعاع اي ارسال الحرارة في الاجسام هي كقوة الامتصاص او بالعكس كقوة التعكيس . وعلى كل حال الموصل في الاشعاع ليس هو مادة ظاهرة كموصل النقل والحمل بل هو المادة الاثيرية نفسها التي الحرارة جزء منها وتتموج فيها

٥٥٧ ثم ان قوة التعكيس وقوة الامتصاص في الاجسام تتوقفان على الصقال والكثافة وبعد الشعاع الواقعة وطبيعة مصدر الحرارة واللون

فالاجسام الصقيلة مع المساواة في سائر الصفات المذكورة هي اجود من غير الصقيلة في التعكيس واردا منها في الامتصاص



والاجسام الكثيفة اذا تساوت بقية الصفات المذكورة تعكس  
اكثر وتمتص اقل من اللطيفة

وكلما كانت شعة الحرارة الواقعة اقرب الى العمودي بين  
زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس كانت الحرارة المنعكسة اقل والامتصة  
اكثر

وطبيعة مصدر الحرارة تغير احيانا قوتي التعكس والامتصاص.  
مثالُهُ اذا دُهن جسم بكميات الرصاص المعروف عند الاوربيين  
بالرصاص الابيض يمتص من صندوق مكعب مملوء ماءً غالباً  
حرارة اكثر مما اذا كانت نفس كمية تلك الحرارة صادرة عن  
سراج. ولكن اذا دُهن جسم بسناج السراج فبلغ الحرارة الممتص  
واحد منها كان مصدر الحرارة

والاجسام الملونة واخصها البيضاء ان تساوت الاجسام في  
سائر الصفات المذكورة تمتص اقل وتعكس اكثر من السوداء.  
وقد جَرَّب فرانكلين ذلك بوضعه رقعا من جوخ مختلفة الالوان  
على ثلج تحت شعاع الشمس ومن ذوبان الثلج تبين لَهُ ان قوت  
الالوان لامتصاص الحرارة اذا ابتدانا من اللون ذي القوة العظمى  
للامتصاص هي على هذا الترتيب الاسود ثم البنفسجي ثم النيلي ثم الازرق  
ثم الاخضر ثم الاحمر ثم الاصفر ثم الابيض. وعكس هذا الترتيب

## لقوات الالوان للتعكيس

٥٥٨ نفوذ الحرارة . النور ينفذ في جميع المواد الشفافة مهما كان مصدره لان النور الآتي عن مواد محترقة او عن كهربائية او غيرها ينفذ فيها كما ينفذ نور الشمس . واما الحرارة فان كان مصدرها الشمس فتنفذ كالنور في كل المواد الشفافة وان كان مصدرها غير الشمس كحرارة نار او ماء غالي فلا تنفذ في كلها . فاذا وُضع بيننا وبين نار مضطربة لوح زجاج يحجز عنا اكثر حرارتها ولكن لا يحجز عنا حرارة الشمس الا قليلاً . واذا حالت عدسية زجاج محدبة كبيرة دون نور الشمس فان حرارة الشمس لا تنجذب منها الا القليل بل تنفذ مع النور من الزجاج وتجمع عند بورتها ويظهر لها فعل قوي . واذا كانت العدسية كبيرة عظيمة التحديق وتحديبها شلجي تصهر كل نوع من المعادن كما مر في الكلام على العدسية المحدبة في النور . ولكن ان حجزت هذه العدسية دون حرارة ماء غالي في صندوق مكعب او حرارة سراج او نار فلا ينفذ في العدسية منها ما يشعر به . وسبب ذلك ان الشمس حرارتها اقوى جداً من حرارة الماء الغالي او السراج . فقوة الحرارة للنفوذ في اجسام شفافة هي بحسب حرارة الجسم الحامي التي تصدر منه .

٥٥٩ ثم ان هواء الجلد تنفذ فيه الحرارة سواء كان مصدرها

الشمس او خلافتها كالنار او الماء العالي لكونه شفافاً لطيفاً جداً. وذلك لطف من الله لانه لو لا اختراق الحرارة فيه لما كانت نيران الحميم تدفينا شتاء. ثم لكون الحرارة تنفذ فيه تماماً مع النور لا يمتص شيئاً من الحرارة بنفوذ النور فيه الا قليلاً جداً. ولكنه يمتص منها ما يكتسبه بالمجاورة من حرارة الارض التي تكتسبها عند وقوع النور عليها. وذلك علة لحدوث الرياح والنسام كما مر (رقم ٢٢٧) لان الهواء اذ يمتص الحرارة بمجاورته للارض التي تاخذها من حرارة الشمس يتلطف فيصعد ويأتي هواءً آخر من حيث الهواء ابرد فيحدث رياح. ثم ان ماء البحر موصل اشد من الارض في نقل الحرارة والارض تحتها وتبرد قبله عند وقوع الحرارة عليها او نزعها عنها فيحدث نسيم بحري ضخم ونسيم بري ليلاً للسبب المشار اليه نفسه

اما الاجسام الشفافة التي ينفذ فيها كل نوع من الحرارة فيقال لها دياثرمية والتي لا ينفذ فيها كل نوع من الحرارة يقال لها اثرمية. فالماء والزجاج اثيريين ومع كونها عظمي الشفافية وينفذ فيها النور الاضعف لا تنفذ فيها تموجات الحرارة الا اذا كانت كثيفة جداً. فان اضاء لهيب سراج على صفحة رقيقة من جليد يخرقها من الحرارة ٦ من مائة فقط مع ان اكثر النور يكون قد نفذ فيها

ثم ان الملح المعدني هو دياثري وتنفذ فيه كل الحرارة الا قليلاً جداً  
لان صفيحة من الملح المعدني الصافي سمكها عشر عقدة يخترقها ٩٢  
من المائة من حرارة مصباح واذا ذهبت بسناج حتى تصير تحجز  
النور تماماً فلا تزال الحرارة تنفذ كما نفذت تقريباً. فيظهر ان الحرارة  
والنور ليسا شيئاً واحداً بل هما شيان ممتازان يجتمعان احياناً  
وينفصلان اخرى وان بينهما مشابهة من اوجه ومباينة من اوجه  
اخرى. ولعل نور القمر الذي مصدره الاصلي الشمس قد انفصل  
عن الحرارة بداعي وقوع شعاع الشمس على مادة اثرية تحيط بالقمر  
وعدم نفوذ حرارتها فيها لانه قد امتحن نور القمر مجتمعه في مرآة  
مقعرة فلم يظهر فيه شيء من الحرارة والله اعلم

ثم ان اصطنع منشور من الملح المعدني الصافي او مادة اخرى  
عظيمة الدياثرية يظهر ان الحرارة تنكسر كالنور اذ تميل عن جهة  
مسيرها اقل من اكثر الالوان ويقع اكثرها اقرب الى جهة مسيرها  
من حد أول النور الاحمر من الطيف وبعضها يطابق النور المذكور  
وذلك يطابق ما نقرر في الكلام على انحلال النور

ولنا امثلة في الامور العمومية تطابق نقل الحرارة بالاشعاع فان الملايس  
تخزن صيفا من النجاسة تعكس الحرارة بكثرة وتمنع عنا كثرتها كالعنبركيس  
والنسيج الكتاني لان لون الاول ابيض والثاني اكشف من غيره وتخزن شتاء  
من النجاسة صوفية سوداء لكون الصوف واللون الاسود يتصان من الحرارة اكثر

ما يعكسان. واذا قصد اللون فقط فلا يبيض النسب لكلا الفصيلين لانه احسن لتعكيس الحرارة صيفاً واردة الاشعاعها شتاء من اللون الاسود الزيوت والمواد الدهنية تعكس الحرارة جيداً وقليلة الاشعاع ولذلك نرى بعض قبائل الشمال يدلكون اجسامهم بالزيوت لانها قليلة الاشعاع لتفظ الحرارة الحيوانية اذ يفعل الزنخ نفس هذا الفعل ليمنعوا امتصاص الحرارة من خارج. والتلج هو جيد للتعكيس ولكنه قليل الامتصاص والاشعاع. ولذلك نقي صفائح الثلج النباتات التي تغطيها. والتلج والجليد اذا وقعت عليها اشعة الشمس يذوبان بطيئاً ولكن ان كان داخلاً فيها حجراو غصن شجرة يذوب متها ما يجاور الحجر او الغصن باسرع وقت اولاً بامتصاص حرارة الشمس ثم باشعاعها الحرارة الى الدقائق المجاورة

٥٦٠ الحرارة النوعية . يراد بالحرارة النوعية لجسم مبلغ الحرارة التي ترفع حرارته درجة باعتبار الحرارة التي ترفع حرارة جسم اخر مختلف المادة وزنه مثل وزنه كذلك درجة اذ تحسب الحرارة التي ترفع حرارة الجسم الثاني درجة واحداً . مثاله الحرارة التي ترفع درجة حرارة الماء الظاهرة درجة واحدة هي عشرة اضعاف التي ترفع حرارة الحديد المساوي للماء وزناً درجة واحدة وثلاثة وثلاثين ضعف التي ترفع الزئبق كذلك . فاذا وضعت ثلاثة اوزان متساوية من هذه المواد الثلاثة في حرارة واحدة يحى الزئبق اكثر من الاثنين الباقيين ويحى الحديد اكثر من الماء لانه يخفي في الماء تسعة اعشار الحرارة التي تظهر في الحديد واثنان وثلثون من ثلاثة

وثلاثين جزءاً من الحرارة التي تظهر في الزيت . وقد علل بعضهم عن ذلك ان الماء اذ يندد أكثر من الباقيين المذكورين بالحرارة يمتص جانباً منها ويخفيها بحيث لا تعود تظهر بالحس او بالثرمو متر . ويقتضي ان يجعل جسمٌ ما اولياً لكي تقاس الحرارة النوعية لكل واحد من سائر الاجسام على حرارته محسوبةً واحداً فيتعين عدد الحرارة النوعية وقد جعلوا الماء اولياً حاسبين حرارته واحداً لكون حرارته النوعية اعظم من سائر الاجسام المعروفة وسياتي تدوين القائمة التي تدل على الحرارة النوعية لبعض الاجسام باعتبار الماء اولياً . ولمعرفة الحرارة النوعية للاجسام طرق شتى اشتهرها طريقتان احدهما للسائلات والاخرى للجوامد

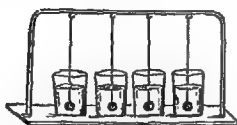
(١) احمر جسماً معروفاً وزنه مطلوباً حرارته النوعية الى ان تصل حرارته الى درجة ما في الثرمومتر . ثم امزجه بوزن من الماء يساوي وزنه درجة حرارته اقل من درجة الجسم . ثم خذ درجة الحرارة المزيج . ثم قل نسبة ما خسره الجسم بوصوله الى درجة المزيج الى ما ربحه الماء كنسبة واحد الى الحرارة النوعية مثاله اذا اُحمر في الزيت الى  $122^{\circ}\text{F}$  ثم صببت في اوقية ماء درجة حرارته  $22^{\circ}\text{F}$  ترى درجة المزيج عند  $52.2^{\circ}\text{F}$  . فيكون الماء قد حسي  $25^{\circ}\text{F}$  والزيت قد برد  $75.8^{\circ}\text{F}$  فتكون نسبة  $75.8:25::1:3.032$  وسبب ذلك واضح للفطن فتأمل

تنبيه . الحرارة النوعية للاجسام غالباً تنزاد قليلاً بصعود درجة حرارتها . ولكن الحرارة النوعية للغازات يظهر انها واحدة تقريباً عند كل درجة من

الحرارة ونحت كل ضغط

(٢) خذ عدة اكواب من زجاج (شكل ٢١٦) فيها مفادير متساوية

شكل ٢١٦



من الماء البارد . ثم خذ اجساماً  
مطلوباً معرفة حرارتها النوعية  
عددها مثل عدد الاكواب  
واوزانها متساوية واغمسها معا في

ماء غالي . ثم ارفعها من الماء الغالي وعلفها فوق الاكواب لكي تتدلى في الماء البارد  
وتبقى هنيئة الى ان توصل حرارتها اليه . فنرى الرصاص يرفع درجة حرارة  
الماء اقل من كل منها والقصدير اكثر قليلاً والنحاس الاحمر اكثر من القصدير  
والحديد اكثر من النحاس . واذا كانت كل الاجسام من حديد فانها ترفع  
الماء الى درجة واحدة من الحرارة في كل الاكواب . ثم لان حرارة الماء في كل  
كوب تتعادل بعد الايصال بجمرة الجسم الذي غطس فيه فيعرف من درجة  
حرارة الماء في كل كوب كم نزلت حرارة الجسم فيه عما كانت اي عن ٢١٢°  
وكم ارتفعت حرارة الماء في الكوب عما كانت . ثم تجري النسبة لمعرفة الحرارة  
النوعية لكل جسم بموجب الطريقة الاولى بان يقال درجات هبوط حرارة  
الجسم الى درجات ارتفاع حرارة الماء كنسبة واحد الى الحرارة النوعية لذلك  
الجسم . واذا استخرجت الحرارة النوعية لكل من الاجسام المرقومة ترى حرارتها  
النوعية على الترتيب الذي ذكر وترى الحرارة النوعية للحديد مضاعف التي  
للقصدير . والقائمة الآتية ترينا الحرارة النوعية لبعض الاجسام مستخرجة  
بموجب ما مرّ اذ تحسب الحرارة النوعية للماء واحداً

الماء	١٠٠٠	النحاس الاحمر	٠٠٩٥
الكبريت	٠٢٠٣	الفضة	٠٠٥٧
الزجاج	٠١٩٨	الزئبق	٠٠٣٣

الحديد	٠٢١١٤	الذهب او البلاطين	٠٢٠٣٢
النوتيا	٠٢٠٩٦	الرصاص	٠٢٠٣١

وبما ان لافرق يعتبر بين حرارة الذهب النوعية وحرارة البلاطين ذكرنا  
معاً في هذه القائمة فان الفرق يحصل في مقام عشرات الالوف من الكسر  
العشري

### الفصل الثالث

في الحرارة الخفية والسائلية والتجميد والبخارية والغليان والتبلور  
ومصادر الحرارة

٥٦١ الحرارة الخفية . اذا صار جسم جامد سائلاً او تحول  
سائل الى غاز يخفي كمية وافرة من الحرارة فلا تظهر بالثرمو متر .  
لنفرض قطعة جليد درجة حرارتها  $20^{\circ}\text{F}$  ف اُتي بها الى غرفة دافية  
فدرجة حرارة الجليد تصعد تدريجاً الى  $32^{\circ}\text{F}$  ومن ثم تاخذ بالذوبان .  
ولكن مدة ذوبانها التي قد تدوم ساعات جماء لا تصعد درجة  
حرارتها فوق  $32^{\circ}\text{F}$  مع ان الجليد لم يزل يقبل الحرارة كما كان يقبلها  
قبلاً . ولما كانت درجة الحرارة لم تصعد فوق  $32^{\circ}\text{F}$  نستنتج ان الحرارة  
لا بد ان تكون قد استخدمت في تحول الجليد من الجمود الى



السائلة وتلك ما يقال لها الحرارة الخفية او الخفية . واذا مزجنا اوقية ثلج عند  $32^{\circ}$  مع اوقية ماء عند  $174^{\circ}$  تكون درجة حرارة المزيج  $32^{\circ}$  . فينتج ان الماء الذي صارت درجة حرارته كما ظهر من الترمومتر  $32^{\circ}$  يحنوي  $142^{\circ}$  من الحرارة زيادة عن الجليد الذي درجة حرارته  $32^{\circ}$  اي ان الحرارة الخفية للماء  $142^{\circ}$  . ويعلل عن ذلك بكون الجليد المتبلور عند انحلال بلوراته قد اخفى فيه جانب من الحرارة الظاهرة خسر الماء فالما خسر ما اضيف اليه من الحرارة فبقيت درجة الحرارة كما كانت كما انه اذا عكس العمل بان جُمد الماء تبريد يبقى وقتاً قبل ان يهبط عن  $32^{\circ}$  مع بقاء التبريد لظهور بعض الحرارة الخفية بتبلوره .

٥٦٢ الحرارة الخفية في البخار . اذا وضع مصباح عرق تحت وعاء يحنوي ماء درجة حرارته عند  $32^{\circ}$  ف ولوحظ الوقت المتقضى لرفع حرارته الى  $212^{\circ}$  ثم ان دام المصباح يعطي الحرارة حتى يستحيل كل الماء الى بخار يرى كل الوقت المتقضى لتحويل الماء كله الى بخار  $\frac{1}{2}$  اضعاف الوقت الذي يقتضيه رفع الماء من درجة التجمد الى درجة الغليان ودرجة حرارة الماء لا تصعد قط فوق  $212^{\circ}$  . ففي تحويل الماء الى بخار كمية الحرارة المتصدة هي  $\frac{1}{2}$  اضعاف الحرارة المطلوبة لاصعاد الماء  $180^{\circ}$  من الحرارة فالبخار

عند ٢١٢° يحنوي ٩٩٠° من الحرارة الخفية. وإذا تحول هذا البخار الى سائل تظهر هذه الكمية نفسها. مثاله اذا استقطرنا ابريقاً من الماء وبرّدنا البخار بعشرة اباريق ماء بارد ياخذ الماء البارد ٩٩° من الحرارة

٥٦٣ الغليان. غليان سائل هو جيشانه في قدر فوق حرارة قوية بتصاعد البخار فيه التحول عنه بهيئة فقائيع. والفقائيع تكون داخل السائل عند اسفله واذ تصعد الى وجهه تتلاشى ويتفطت منها البخار الى الهواء. ومن حيث ان الهواء فوق السائل ابرد منه يتكاثف البخار ويظهر كبخار الضباب او السحاب

فعند تسخين الماء يمدد أولاً الهواء المتضمن فيه ويصعد الى وجهه ويفلت. ثم بدوام الحرارة تحته تكون فقائيع بخار في قعر الوعاء قرب الحرارة. وهذه اذ تتصاعد تصير اصغر فاصغر الى ان تصل الى وجهه حيث تتكاثف بامتزاجها بالماء الابرد هناك ويصدر عن ذلك صوت يقال له طشيش. وهكذا يدوم العمل الى ان يسخن كل الماء سخونة كافية فلا تعود الفقائيع تتكاثف بل تصعد وتفلت عند وجهه وحينئذ تكون حرارته قد وصلت الى درجة الغليان. وبعد الوصول الى تلك الدرجة لا تعود تصعد درجة حرارته فوقها مع دوام ابصال الحرارة له وسياتي تعليل

ذلك

ثم انه لو اوضح ان كبس الهواء يعيق في الغليان انفلات البخار من السائل الذي يتوقف عليه الغليان كما مر فلا يتأتى بروزه من الفقايع مدة الطشيش الى ان تصير مرونته موازنة للكبس ومرونته او قوة تمدده تختلف باختلاف الحرارة (رقم ٥٤١) فحرارة الغليان او درجة الغليان لسائل تختلف باختلاف كبس الهواء او ثقله. فالماء يغلي كما اشرنا سابقاً عند  $212^{\circ}\text{F}$  ونعني بذلك ان الماء يغلي عند تلك الدرجة تحت كبس الهواء وعلى سطح علوّه مثل علو وجه ماء البحر. فان البخار عند تلك الحرارة قوة مرونته او تمدده تساوي كبس الجلد. ولكن ان نقص الكبس يغلي الماء عند درجة حرارة اقل من  $212^{\circ}\text{F}$ . فعلى الجبال العالية تهبط درجة الغليان  $20^{\circ}\text{F}$  او  $30^{\circ}\text{F}$  عنها عند سطح البحر. ونحت قابلة مفرغة الهواء اذ كان الكبس يزول تدريجاً بتفريغ الهواء تصير درجة الغليان اسفل فاسفل الى ان تصل الى  $62^{\circ}\text{F}$  كما اشرنا في الكلام على المفرغة (رقم ٢٥٦). واذا زاد الكبس على وجه الماء عن ثقل الجلد كما اذا كان ضمن ناقوس الغواصين داخل البحر تعلو درجة الغليان لان مرونة البخار عند تلك الدرجة حينئذ لا تغود كافية لان تغلب على الكبس فوقه

وما يؤيد ما قيل التجربة الاتية وهي اغل قليلاً من الماء في قنينة زجاج رقيقة. ثم ارفعها عن النار وسدها بقلينة واقبلها. فالبخار المتكون يضغط بعدئذ على الماء ويمنع عن الغليان. وعند ما يحدث ذلك اسكب قليلاً من الماء البارد على القنينة فالماء داخلًا ياخذ حالاً ان يغلي شديداً لان البخار يكون قد تكاثف بالبرد وزال الضغط عن الماء. ويمكن تكرار هذه العملية مراراً الى ان تصير برودة الماء في القنينة كافية حتى تمنعه عن الغليان في الخلاء

٥٦٤ قوة مرونة البخار. اذا تكوّن البخار بالغليان في وعاء

مكشوف فقوة مرونته تساوي ثقل الهواء ولولا ذلك لما ظهر وذلك نحو ١٥ اليبرة او نحو ٨ وق ٢ ط لكل عقدة مربعة. ولكن اذا تكوّن في اناء مغطى او مسدود ضابطاً حتى لا يعود يستطيع ان يندد بارتفاع درجة حرارة الماء فقوة مرونة البخار تزداد بنسبة اعظم جداً من نسبة ارتفاع درجة الحرارة وعلا ذلك يضاف اليه بخار جديد. والقائمة الاتية ترينا قوة مرونة البخار المحصور عند درجات معلومة من الحرارة اذ تقاس تلك القوة على ثقل الجلد

ثقل الجلد	درجة الحرارة	ثقل الجلد	درجة الحرارة
١	٢١٢	١١	٢٦٧
٢	٢٥١	١٢	٢٧٤
٣	٢٧٥	١٣	٢٨١

٢٨٧	١٤	٢٩٤	٤
٢٩٢	١٥	٣٠٧	٥
٢٩٩	١٦	٣٢٠	٦
٤٠٤	١٧	٣٣٢	٧
٤٠٩	١٨	٣٤٢	٨
٤١٤	١٩	٣٥١	٩
٤١٨	٢٠	٣٥٩	١٠

فيرى من القائمة المرقومة انه لجعل قوة البخار تزيد بمقدار ثقل جلد واحد يقتضي اضافة ٢٩ من الحرارة وان هذا العدد يتناقص حتى يقتضي الامر ٤ درجات فقط لاضافة الثقل العشرين من الجلد

٥٦٥. تاثير التمدد والتقلص في درجة الحرارة. اذا تمدد جسم بتفريق دقائقه او بانتقاله من الجهد الى السائلية او من السائلية الى البخارية يمتص حرارة وافرة كما ان الحرارة اذا وصلت اليه واخرقته تمدده. واذا سلب تلك الحرارة من الاجسام المجاورة تنقص حرارتها ضرورة فتبرد وتجلد. وبناء على ذلك اذا مزجنا اوزان متساوية من الثلج وملح الطعام ودرجة حرارتها عند ٣٢ يسيلان بالامتزاج فتهدأ درجة حرارتها الى -٩. وتركيب كهذا يسمى مزيج مجلد. وتعليل ذلك ان الثلج شراة شديدة للاتحاد

بالملح وإذا اتحدا يصيران سائلاً . ولا بد انها يمتصان ويخفیان  
حيثئذ جانباً كبيراً من الحرارة الظاهرة فيها وفي الهواء فتبهط  
درجة حرارة المزيج . وإذا صبَّ اثير على اليد يتحول سريعاً الى  
بخار فيسبب فيها حاسية البرودة لامتصاص بخاره المتحول عنه  
بعض الحرارة الظاهرة

وما يمثّل لنا حصول البرد او نقصان درجة الحرارة بتحول سائل الى  
بخار هذه الآلة ( شكل ٢١٧ ) التي اخترعها المعلم ولستن . وهي مركبة من  
انبوبة زجاج ب س طولها نحو ١٨ قيراطاً وقطرها  
ربع قيراط محنية عند طرف واحد وفي كل من طرفيها  
بلبوس . فعند اصطناع هذه الآلة يملأ جزء من  
اللبوس ا ماء اذ يكون مسدوداً واللبوس د مفتوحاً  
ثم يُغلى الماء حتى يطرد البخار الهواء من الانبوبة  
ويسد اللبوس المفتوح حيثئذ بتدوير فوهته بمصباح  
عرق . فاذا نقل الماء الى اللبوس الاعلى د ثم غمس  
اللبوس الاسفل ا بمزيج من ملح وتلج يتكاثف البخار  
فيه ويحصل خلاء فيزول الكيس عن سطح الماء في



الاعلى ويتحول الماء سريعاً الى بخار ويمتد الى الاسفل . واذا لا يزال البخار يتكاثف  
في اللبوس الاسفل حالما يتكون يجلد الماء سريعاً في الاعلى لامتصاص البخار  
المتحول عنه مقداراً جسيماً من الحرارة الظاهرة

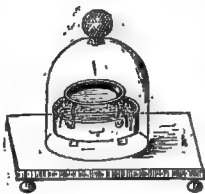
٥٦٦ ثم انه اذا تقلص جسم او انضغط باقتراب دقائقه  
بانتقاله من البخارية الى السائلية او من السائلية الى الجهد فانه

بجعل عكس عمله بالتهدد اي يطرد حرارة مخفية فيسخن هو نفسه  
ويسخن الاجسام التي تحيط به بتكثير الحرارة الظاهرة كما ان الجسم  
اذا تناقصت حرارته يتقلص . مثال ذلك اذا مزج الكلس بماء  
بارد يتحدان حالاً لشدة الالفة بينهما ولان الكلس حينئذ ينضغط  
باتحاده بدقائق الماء الذي هو اكثف منه يطرد جانباً كبيراً من  
الحرارة الخفية ويسخن المزيج الى نحو درجة الغليان . وكذلك اذا  
مزج قليل من الماء مع قليل من الحامض الكبير يتكفلكون الماء  
يتقلص باتحاده بالحامض يشعر بجملة قوية من اتحادهما اذا لمسا  
او لمس الاناء الذي فيه المزيج وقد اشرنا الى ذلك في الكلام على  
التهدد ( رقم ٢٠ ) . والهواء اذا ضغط تظهر من ضغطه حرارة  
وقد امتحنوا ذلك بضرب مدك يدخل دخلاً محكمًا في اسطوانة  
معدنية قد وضع فيها صوفانة فظهرت حرارة كافية لحرق الصوفانة  
وقس عليه

٥٧٧ التجميد او التجليد . بناء على ان البخار المنحول عن سائل او  
السائل المنحول عن جامد يمتص حرارة ظاهرة وافرة ويخفيها عن  
الاجسام المجاورة قد اخترعوا بعض طرق لتجميد بعض السوائل .  
لانه كلما ازداد تحول البخار عن سائل او السائل عن جامد يزداد  
امتصاص الحرارة وبالضرورة تزداد البرودة على الاجسام المجاورة

وإذا كانت سوائل تجمدها. فيقتضي الأمر لتجميد السوائل اذن إيجاد طريقة لاطالة تحول الجامد الى سائل او السائل الى بخار كما سيأتي من هذه الطرق انهم يضعون السائل الذي يراد تجميده مع سائل اخر فيوشراة له تحت قابلة مفرغة الهواء. وكيفية ذلك ان تملأ زجاجة ساعة او صحفة صغيرة ( شكل ٢١٨ ) ماء مثلاً وتوضع على وعاء قليل العمق بملوء من الحامض الكبريتيك . ثم يوضع

شكل ٢١٨



الكل على صفيحة مفرغة الهواء ويغطي بقابلتها. فعند تفرغ الهواء بالمفرغة لرفع الضغط عن الماء يتصاعد البخار بسرعة ويضغط على الماء في مكان الهواء الذي تفرغ فيمتصه الحامض الكبريتيك لان له شراة كبة لذلك وهذه فائدة

وضع الحامض الكبريتيك . واذ يرجع الفراغ بامتصاص البخار يرجع تحول البخار وعلى هذا النمط لا يزال البخار يمتص من حرارة الماء حتى يصير الماء الى برودة كافية ان تجلده . اما البخار الذي يرجع سائلاً بالاتحاد مع الحامض فعكسه بالعكس لانه يطرد تلك الحرارة وتظهر بازدياد حرارة الحامض

ثم اذا وضعنا ضمن قابلة المفرغة سائلاً اخر تحوله الى بخار اسرع من تحول الماء فنحصل على برودة اعظم . فاذا استعملنا الحامض الكبريتوس الذي يغلي عند ١٤٠ ف يكون لنا برود كاف ان يجمد الزئبق . وطريقة ذلك ان يلف بلبوس الثرمومتر يقطن مشبع من حامض كبريتوس ثم يوضع تحت القابلة ويفرغ الهواء

ومنها انهم يمزجون جوامد بجوامد او جوامد بسوائل لها شراة بعضها لبعض واذ يصير المزيج بالاتحاد الى سائل يمتص



جانبا كبيرا من الحرارة الظاهرة في المزيج وفي السوائل المحيطة به  
كما اشرنا (رقم ٥٧٨) ويبردها . فقد يكون مزيج مثل هذا كافيا  
لتحريكه ان يجهد سائلا مجاورا

من هذا القبيل اصطناع البوزه وهي اكلة لذينة . وكيفية ذلك ان يوضع  
مزيج من ملح وثلج في وعاء اسطواناني ضمنه وعاء اخر فيه حليب يمزج بسكر وماء  
زهر او خلافة ويدار الوعاء الداخل لتحريك المزيج فبعد وقت قصير يتجمد  
الحليب

وهنا نذكر بعض امزجة التجلد مع ذكر الدرجة التي تصل اليها بامتزاجها

امزجة	اجزاء وزنا	انحطاط حرارة
كبريتات الصودا	٨	{ من +٥٠° ف الى ٠°
حامض هيدروكلوريك	٥	
ثلج او جليد	٢	{ . كذا الى -٥°
ملح	١	
كبريتات الصودا	٢	{ . +٥٠° الى -٣°
حامض نيتريك مخفف	٢	
كبريتات الصودا	٦	{ . +٥٠° الى -١٤°
نترات النشادر	٥	
حامض نيتريك	٤	{ . +٢٠° الى -١٤°
ثلج او جليد	٣	
كلوريد الكالسيوم	٤	

فقد حولوا بهاتين الطريقتين او ما يشبهها كل السوائل الا الكحول الى  
جوامد . وبالحرارة حولوا كثيرا من الجوامد الى سوائل وبعضها الى سوائل ثم

الى بخار. ومزيج من معدنين او معادن يتحول الى سائل عند درجة من الحرارة ادنى من التي يتحول عندها احد مفردات المزيج. مثالة مزيج مؤلف من ٨ اجزاء من بزموت و ٥ من رصاص و ٢ من قصدير يدوب بجمرة درجتها ادنى من درجة غليان الماء مع انه لا يدوب احد هذه المعادن بجمرة تحت ٤٣٠° ف

٥٦٨ البخار في الهواء. ان البخار حالما يتكون يتكيف بكيفية غاز ويمتزج مع الهواء فلا يمتصه الهواء امتصاص الاسفنج للماء. ودليل ذلك انه اذا ادخل اثير او ماء الى فراغ انبوبة بارومتر يتحول سريعاً بعض السائل الى بخار وبقوة مرونته يهبط عمود الزئبق. فالبخار اذا يقوم بنفسه كهواء الجلد. ورطوبة الهواء هي بحسب كمية البخار الممزوجة به فان كان البخار فيه كثيراً كانت رطوبته كثيرة. وبما انه مهم ان تُعرف كمية رطوبة الهواء لاجل ملاحظة الصحة او لغاية أخرى قد اخترعوا آلات لاجل معرفة درجة الرطوبة نذكر بعضها. ويقال لآلة من هذا الجنس هيغرومتر

٥٦٩ الهيجرومتر الشعري. هذا الشكل هو صورة الهيجرومتر الشعري. فان اب شعرة معلقة عند اوطرفها الاسفل ملفوف على محور عقرب عند ب ومربوطة ب ثقل صغير ث. فاذا زادت رطوبة الهواء امتص الشعرة كثيراً منها فتطول واذا قلت الرطوبة نقل فيها الكمية الممتصة فتقصرو عند ما تطول او تقصر يد بر الثقل الصغير العقرب الى فوق او الى تحت امام دائرة مقسومة

شكل ٢١٩



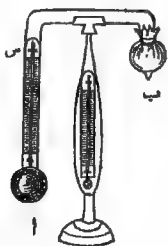
الى درجات فيشير العقرب الى درجة الرطوبة المرقومة على الدائرة . ولجل تعيين الصفر عليها يقتضي الامر وضع الهيغرومتر اولاً في هواء جاف . ولجل معرفة درجة الرطوبة العظمى يقتضي وضعة في هواء مشبع من الرطوبة

٥٧٠ درجة الندى . هي درجة الحرارة

التي يقتضي الحال ان تهبط حرارة جسم اليها مقياسة على زيتق الترمومتر ليتساقط بخار الهواء ماء على ذلك الجسم ويحصل عليه ندى . وكلما زادت رطوبة الهواء

قل انحطاط الزيتق الى درجة الندى وبالعكس . ولذلك تقاس رطوبة الهواء على مقدار درجات انحطاط الزيتق الى درجة الندى وعلى ذلك قد اخترع هيغرومتر دانيال الذي به تعرف درجة الندى وكمية رطوبة الهواء

شكل ٢٢٠



٥٧٢ هيغرومتر دانيال . هو آلة معتبرة

لمعرفة درجة الندى . وهو مؤلف من انبوبة ملتوية اس ب ( شكل ٢٢٠ ) عند طرفيه بلبوسان اوب واللبوس ب ملفوف ومربوط عليه قطعة قماش مظلل رقيق . واللبوس ا هو من زجاج اسود فيه ايثير نقي ونصفه وفيه ايضاً ترمومتر دقيق بلبوسة مغسوس في الاثير لاجل معرفة درجة

المحارة داخل الانبوبة . وصانع هذه الآلة يدبر اصطناعها حتى تكون انبوتها  
سب فارغة من الهواء وحاوية بخار الاثير فقط . وعلى العبود الحامل الانبوبة  
ثرمومتر آخر كما ترى فان يُكَلِّ القماش على البلبوس ب قليل من الاثير  
يبرد القماش والبلبوس سريعاً يتحول الاثير الخارج الى بخار لما مر فيه تكاثف  
حيث ان البخار داخل ثم يتصاعد كمية اخرى جديدة من التهلالة مكانه وهلم جرا .  
فما دام الاثير يتحول في الى بخار يهبط درجة حرارته . فبعد برهة ياخذ الندي  
ان يسقط على خارج الزجاج الاسود . وعند بداية حدوثه تلاحظ درجة  
المحارة في الثرمومتر الداخل فتلك درجة الندي . ومن الملاحظة بظهرانه  
اذا كانت رطوبة الهواء قليلة تنحط درجة الندي كثيراً عن درجة حرارة  
الثرمومتر الخارج وبالعكس . فمن مقدار انحطاطها تعرف كمية الرطوبة في  
الهواء

٥٧٢ التبلور . اذا تحولت الاجسام بطبيعتها من السائلة الى  
الجمود فعوض ان تخلط دقائقها بدون انتظام تميل ان تتجمع الى  
كتل ذات هيئات منتظمة وهذه الكتل يقال لها بلورات .  
وهيئاتها منتظمة هندسية تحدّها سطوح مستوية ولها زوايا معلومة  
ثابتة . وهذه الهيئات مختلفة الاجناس العديدة كالاشكال القياسية  
والمنشورات والمعينات وغير ذلك وكل جنس من انواع مختلفة  
فلا محل للاشارة الى هيئاتها . واجمل البلورات ترى بين المواد  
المعدنية الطبيعية المولدة بالهادي تحت الارض بالقوى الطبيعية  
الفاعلة فيها مدة مستطيلة . فبلورات الثلج المعروفة عند العامة

بالذروان وبلورات السكر والشب وملح الطعام وما يشبهها في من  
انواع البلورات

الاجسام تبلور صناعيا بطريقتين . الطريقة الاولى بتذويبها ثم تركها  
لتبرد تدريجاً . فاذا ذُوب كبريت في اناء ثم ترك ليبرد تدريجاً ياخذ ان  
يتبلور على وجهه وان كسرنا الغشاء المتبلور وصببنا السائل الكبريتي داخلها  
الى خارج نحصل على بلورات كبريتية جميلة

الطريقة الثانية ان يذوب الجسم الذي يراد تبلوره ثم يحول المذوب الى  
بخار تدريجاً . فيجتمع الجسم المذوب حينئذ على قعر الوعاء وجوانبه على هيئة  
بلورات وعلى هذا الاسلوب يبلور السكر واملاح مختلفة

٥٨٦ مصادر الحرارة . اخص مصادر الحرارة هي الشمس  
والكهربائية والتركيب الكيماوي والاشتعال والانضغاط والتطريق  
والفرك

فالشمس هي المصدر الاعظم للحرارة . ولا نعلم المسبب الاصلي للحرارة في  
شعاع الشمس . وقد حسب مبلغ الحرارة الذي توصله الشمس للارض سنوياً  
فوجد كافياً لتذويب مقدار من الجليد يكسو كل الكرة الارضية سمكه نحو  
٤٠ ذراعاً مع ان الارض بداعي بعدها الجسيم عن الشمس وصغر حجمها بالنسبة  
اليها لا تنال سوى جانب صغير من الحرارة التي تشعها الشمس في كل الجهات  
اما كون الكهرباء مصدراً للحرارة فقد مرّ في باب الكهرباء . فقد  
قيل ( رقم ٢٦٥ و ٢٦٦ ) ان الجري الكهربائي بحمي المعادن وان كان وافراً  
يذوب اصلها واتقها ويحرق المواد المشتعلة فراجعة  
اما التركيب الكيماوي فيكون غالباً مصحوباً بحرارة . فان تركبت عناصر

تركيبا بطيئا فالحرارة لا يشعر بها وان تركبت سريعا ينتج حرارة كثيفة احبانا مصحوبة بنور

اما الاشتعال فهو حل المواد المشتعلة الى عناصرها المركبة منها تركيبا كيمياويا بجملة قوية كحرارة النار وتركبها مع اوكسجين الهواء. واخص عناصر المواد المشتعلة كالخشب والزيت هي الكربون والهيدروجين. فالنتائج من التحليل والتركيب حامض كربونيك ممزوج من بخار مائي وغازات اخرى متطابقة تظهر بصورة الدخان والليهب. وهذا الحل والتركيب الكيماويين يصدر عنها حرارة قوية مصحوبة بنور لزيادة توج المادة الاثيرية. فيكون الاشتعال مصدرا للحرارة من جنس التركيب الكيماوي

والتنفس في الحيوان هو اشتعال بطيء فيه يتحد الكربون ومواد اخرى في الدم مع اوكسجين الهواء وهذا النوع من الاشتعال يهيج حرارة جسد الانسان وسائر الحيوان. وهذه الحرارة يقال لها الحرارة الحيوانية

اما الانضغاط فقد اشرنا اليه (رقم ٥٧٩) وقد قلنا هناك انه اذا صغر حجم الجسم بالانضغاط تظهر منه حرارة خفية. وهذا المحكم جار في الاجسام مطلقا سواء كانت جامدة ام سائلة ام غازية وعلى ذلك تظهر حرارة من الاجسام عند كبسها في المكابس كالورق في المطابع وحش الزيتون في معاصر الزيت والهواء المضغوط في بعض الآلات وهلم جرا

اما الطريق والفرك فهما مصدران للحرارة ايضا وارجعها الى الانضغاط. وذلك لانه بتطريق جسم والفرك عليه ينضغط كله او بعضه وينضغط الهواء المجاور له فتظهر حرارة بقدر قوة الطريق او الفرك. فاذا طرقت قطعة رصاص او فولاذ مثلا تظهر فيها حرارة قوية حتى لا يمكن لمسها وان زادت قوة الطريق وكثر بسرعة فقد تصل الى درجة الاحمرار بالحرارة. وفرك زناد يتقدح على صوانة علة لظهور الحرارة والشرار. وبعض قبائل الالبادية

يشعلون ناراً بفرك عود على آخر . وفرك قطعتين من ثلج احدها على الأخرى سبب كافٍ لتذويبها . ولعل بالتطرق والفرك علة أخرى غير الانضغاط تسبب صدور الحرارة وهي اهتزاز الأثير بقوة اهتزاز جسمين صليبين كالزناد من الفولاذ والصوان . وهذا الظن يجري على القول الثاني من قولي النور كما علمت

تنبيه . قد التزمنا في بعض ابواب هذا الكتاب الماضية الى ذكر بعض اصول الحرارة كظهورها في الاجسام المنضغطة عند الكلام على الانضغاط وعند الاجسام بها عند ايضاح الرقاص المتربع لكي يبقى على طول واحد بالبرد والحرارة لاجل ضبط الوقت وعند الكلام على حركة الرياح بالحرارة والبرد وغير ذلك فلا حاجة الى مراجعتها فمن قرأ الابواب الماضية يتذكرها عند قراءة هذا الباب

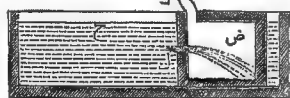
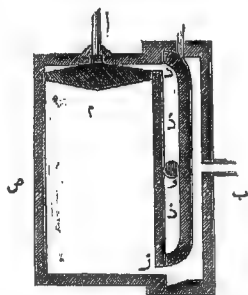
## الفصل الرابع

### في الآلة البخارية

٥٨٧ انه من انفع اثمار بحث العلماء الطبيعيين في الحرارة اختراع الآلة البخارية التي تتحرك بالبخار فتحرك آلات مختلفة في المعامل وغيرها . وهي تصنع على هياكل مختلفة جميعها تجري على مبدأ واحد وهو ان البخار الكثير المرونة اذا دخل الى اعلى اسطوانة محصورة فيها مدك محكم وتفرغ ما تحت المدك من البخار والهواء يدفع البخار المدك الى اسفل واذا دخل الى اسفل كذلك يدفعه

الى اعلى . فاذا عمل تدير حتى يخرج بخار خلقينه ماءً تحتها نار  
قوية في حية لا منفذ له الا منها توصله تارة الى اعلى الاسطوانة  
المذكورة اذ يتفرغ ما تحت المدك واخرى الى اسفل اذ يتفرغ البخار  
الاعلى وهكذا على التوالي نحصل على حركة ميكانيكية في الآلة  
التي تحتوي الخلقينه والاسطوانة كما سيأتي . وسنكتفي بايضاح نوع  
واحد منها منه تتضح بقية انواعها اذ كانت جميعها على مبدأ واحد  
كما مر . وقبلها نوضح الآلة البخارية بالاجمال نوضح كيفية دخول  
البخار الى اعلى واسفل اسطوانتها على التوالي وتحريك مدكها به  
٥٨٨ اسطوانة الآلة البخارية . قد قيل ( رقم ٥٧٧ ) ان البخار اذا

شكل ٢٢١



ح

تكون في وعاء محصور فكلما ازدادت  
الحرارة تزداد قوة مرونته بمعدل اعظم  
من معدل ازديادها . فاذا دام اشتعال  
النار تحت خلقينه واصل بخارها بانبوبة  
الى اسفل واعلى اسطوانة الآلة على الاسلوب  
الاتي يتحرك مدكها فيحرك دولابها  
ودولابها يحركها واذا انصل بها شي تحركه .  
وهذا الشكل يوضح لنا ذلك لتكن ص  
( شكل ٢٢١ ) اسطوانة آلة البخار وم  
مدك واقضب المدك ير في ثقب في اعلى  
الاسطوانة مروراً محكمًا بحجز البخار عن

الخروج عن جوانبه وض الضاغطين بارداً بماء المحوض ح وسي بذلك لضغطه



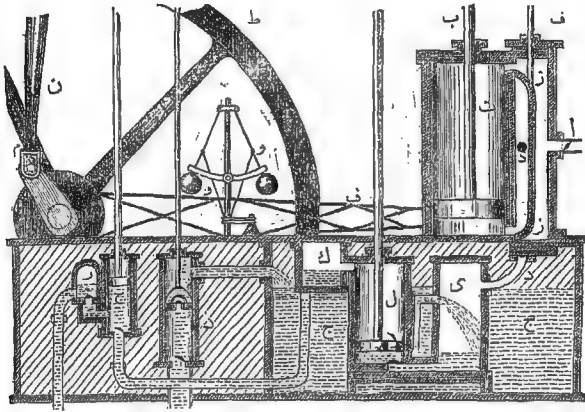
البخار الذي يرد اليه دائماً وب حية البخار الآتي من الخلقينة وك حية الخروج التي تصل الى وحيث تنتهي بفوهة مفتوحة داخل المحاجب ذ الذي سمينا به بذلك لكونه يفتح ويغلق كما سيأتي وزود ثقبان ينفذ منها البخار الى اسفل واعلى الانبوبة على التوالي . فموجب توقيع المحاجب كما هو في الشكل يمر البخار من ب وز الى اسفل الاسطوانة ص تحت المدك اذ ينطرد البخار فوق المدك من د ثم يدخل في الفوهة وماراً في ك الى الضاغط ص حيث يتكاثف حالما يدخله فتصير الفسحة فوق المدك في لحظة فراغاً اذ تفعل كل قوة البخار على الجانب الاسفل . فيدفع اذاً المدك الى فوق بدون مضادة . ولكن قبل ان يصل الى الراس يتندي المحاجب ذ الذي تحركه الآلة ان يهبط ويحبب البخار الآتي من ب عن ز ويرخص له بالدخول من د ومع هذا يغلق بين د وفوهة حية الخروج و يفتح ز لخروج البخار الى و ومن ثم الى الضاغط . فيكبس البخار حينئذ على اعلى المدك اذ يصير فراغ تحته بانصراف البخار الى الضاغط وتكاثفه فيه فيتل المدك بكل قوة البخار وبدون مانع . ولكي يجعل التكاثف اسرع يصب الى الضاغط قليل من الماء البارد في كل دفعة من حنفية الى داخل الضاغط كما ترى في الشكل

٥٨٩ الآلة البخارية . ان الاسطوانة في الآلة البخارية هي اخص اجزاء

الآلة وقد مر ايضاحها في الرقم السابق (شكل ٢٢١) غير انه توجد بعض الات لها علاقة بالضاغط وغيره يقتضي ايضاحها للحصول اكمل فائدة بموجب (شكل ٢٢٢) . ت هي اسطوانة البخار . وب قضيب للمدك بوصلته بطرف جسر الحركة وهو جسر يدور على راس عمود مرتكز في الآلة طرفاه يصعدان ويتزلان ولم يرسم هنا لسهولة تصويره في الفكر . و ا حية البخار عند طرفها المصراع الذي يسد ويفتح في طريق البخار . وز المحاجب الذي تقدم ذكره

ود د حية الخروج توصل الفسحة ضمن الحاجب بالضاغطي . وج ج الماء  
البارد المحيط بالضاغط . ول الطلمبا التي تنقي الضاغط من الهواء والبخار

شكل ٢٢٢



والماء المتكاثف عن البخار بسحبها اياها . وك الحوض السخن حيث تسكب  
الطلمبا الماء المحول عن البخار . وح طلمبا الماء السخن التي ترفع ماء الحوض  
السخن الى رومن ثم الى الخلفية . وذ طلمبا الماء البارد التي تسحب الماء الى  
الحوض ج . وقضبان الطلمبات الثلاث ل وح وذ تقحرك بجسر الحركة الذي  
اشرنا اليه . وط دولاب الحركة ومفصل له ون قضيب يتصل بجسر الحركة  
وهو واسطة لايصال الحركة من الجسر الى دولاب الحركة . وف القضييب  
الذي يحرك الحاجب ز . و و والوالي وهو متصل بالمصراع عند ا  
ليديره . وسي بذلك لانه يقي الحركة في حال الاعتدال . وكيفية ذلك  
انه اذا زادت قوة البخار الاتي من الخلفية الى الاسطوانة فحرك الالة بسرعة  
فائقة تسرع حركة الوالي المذكور اذ يجعل ان يتحرك مع حركة الالة فيرتفع

الثقلان اللذان نراها على جانبيه زيادة قوة التباعد عن المركز لزيادة السرعة فيدار المصراع عند طرف الحية الانصالحا به ويضيق طريق البخار فيه بمقتضى مقدار السرعة فيقل الوارد من البخار وتعود الحركة بطيئة وقد كانت هذه الآلة تستعمل قديماً لاجل رفع الماء من المعادن العميقة لمدة أكثر من ٥٠ سنة. ولكن منذ نحو ٧٠ سنة استعملت لكل معمل او خلافة يقتضي حركة لمدة ساعات. ولا يخفى ما فيها من المناسبة والتوفير لتحصيل الحركة لان اشغال كمية من المواد المشتعلة كالنم الحجري فيها لتحصيل قوة البخار يقوم مقام كرات من الاخشنة اذا حركتها الخيل

قال الفقير الى رحمة ربه القدير اسعد ابن الياس الشدودي هذا ما وصلت اليه فكري مما التقطته من آثار علماء الطبيعة الافاضل. وقد الفتته وانشأته على اسلوب بحسب معرفتي يفيد أبناء العرب ويوافق ذوقهم. وانا ارجو كل من يقف عليه من اهل الفضل والذكاء ان يعذرني اذا رأى غلطاً في اللفظ او سهواً في المعنى خصوصاً لأن هذا الكتاب اول مولف في فن الطبيعيات طبع في العربية في سوريا فان الكمال لله وحده. واتوسل الى الله ان يجعله نافعا لكل من يقرأه فهو حسبي ونعم الوكيل. وكان الفراغ من طبعه في مطبعة المجمع الاميركاني في بيروت سنة ١٨٧٣























